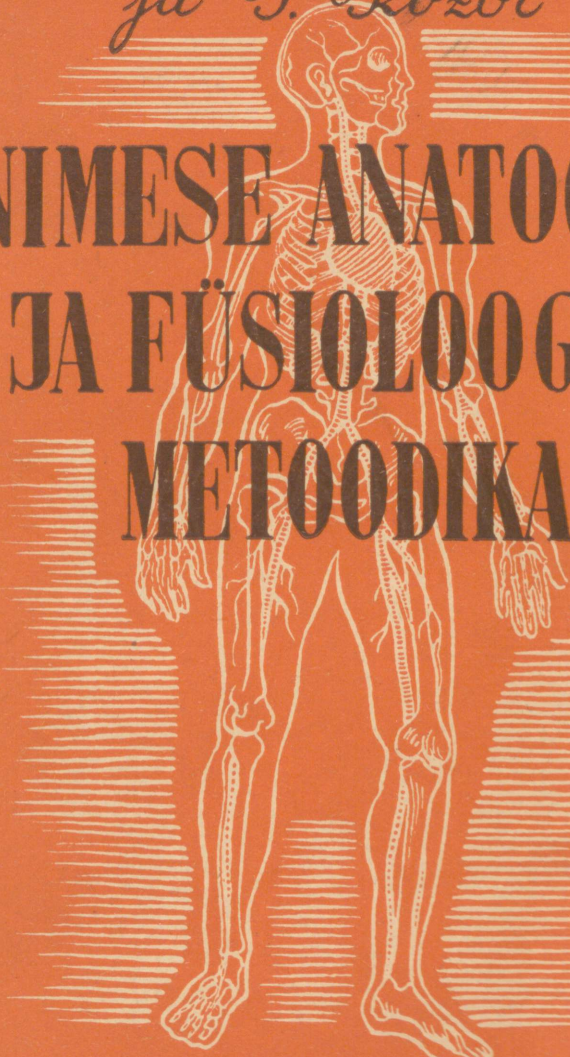
M. Tsuzmer * P. Suvorova
ja F. Kozõr

INIMESE ANATOOMIA JA FÜSIOLOOGIA METOODIKA



RK „Pedagoogiline Kirjandus“

M. J. TSUZMER, P. I. SUVOROVA JA I. V. KOZÕR

INIMESE ANATOOMIA JA FÜSIOLOOGIA ÕPETAMISE METOODIKA

KESKKOOLIS

KÄSIRAAMAT KESKKOOLI ÕPETAJAILE JA KÕRGEMATE PEDAGOOGILISTE ÕPPEASUTISTE ÜLIÕPILASTELE

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"
TALLINN 1948

Bibliotheca
Universitatis
Tartuensis
1948:01093
14394
A-17394

Eessõna.

Käesolev inimese anatoomia ja füsioloogia õpetamise metoodika keskkooli VIII klassile [1] on peamiselt autorite, aga samuti ka Moskva ja Leningradi koolide juhtivate õpetajate kogemuste üldkokkuvõte õppetegevusest keskkoolis. Peale selle on kasutatud seda väärtuslikku nõukogude koolile, mida on andnud vene revolutsioonieelse ja kaasaegse välismaa kooli metoodilised kogemused.

Metoodika koostamisel jagasid autorid omavahel töö järgmiselt: M. J. Tsuzmer'i poolt on kirjutatud peatükid I, II, III, IV, IX, XIII, XIV, XV ja XVI, P. I. Suvorova ja I. V. Kozõr'i poolt peatükid V, VI, VII, VIII, X, XI ja XII. Metoodika paljudes peatükkides kirjeldatud mitmete konstruktsioonide autoriks on I. V. Kozõr. Tema antud on ühtlasi paljude aparaatide kirjeldused ja juhendid nende kasutamisviisi kohta õppetööl.

Üldredaktsioon on M. J. Tsuzmer'i poolt.

Autorid.

[1] Eesti NSV keskkoolides X klassile. Toim.

I. INIMESE ANATOOMIA JA FÜSIOLOOGIA KURSUSE PÕHILISI ÜLESANDEID KESKKOOLIS.

Inimese anatoomial ja füsioloogial on keskkooli bioloogia-kursuses eriline koht. Siin õpitakse esmakordselt süvenenumalt tundma loomorganismi ehituse ja eluprotsesside seaduspärasusi nende omadusliku iselaadi muutumisega inimorganismis.

Botaanika ja zooloogia annavad õppijaile rikkalikku materjali laialdasteks bioloogilise iseloomuga üldistusteks, mis saavad XI klassis[1] evolutsiooniõpetuse kursuses oma lõpliku kujunduse. Anatoomia ja füsioloogia kursus annab organismist kui ühtsast ja seaduspäraselt arenevast tervikust selle süvendatud käsituse, ilma milleta evolutsiooniline vaade elusale loodusele kaotaks ühe oma olulisi aluseid.

Rakuline ehitus. Inimese anatoomia ja füsioloogia kursuse aluste hulgas on tähtis koht organismi rakulise ehitusega seotud mõistete süvendamisel ja üldistamisel. Esimese kujutluse rakust ja rakulisest ehitusest said õpilased botaanika ja zooloogia kursuses; ent alles anatoomia ja füsioloogia käsitlemisel võivad need kujutlused omandada selgema vormi. Esimene teema „Rakk ja koed" on pühendatud keskkooli tingimuste kohta küllalt süvendatud loomse raku ehituse ja elu tundmaõppimisele ning lühikesele tutvumisele rakuelementide morfoloogiliste ja

[1] Õppeainete jaotus klasside järgi on kohandatud Eesti NSV keskkoolide õppeplaanile ja -programmile. Toim.

füsioloogiliste seostega organismi ühtsas tervikus. Edasises kursuses, kõigi elundsüsteemide anatoomia ja füsioloogia õppimisel, rõhutatakse elundite ja kudede rakulise ehituse morfoloogilis-füsioloogilise mitmekesisuse juures kogu aja organismi ühtsust. Rakkudes ja kudedes toimuvate eluprotsesside ja oma koostise suhtelist konstantsust säilitava organismi sisekeskkonna talitluste vahel olev seos läbib juhtiva niidina kogu kursust. Seaduspärase humoraalse seose ja elundite kudede ning rakkude vahelise vastastikuse koostöö kindlaksmääramine tõstab esile organismi füsioloogilise ühtsuse tema osade (elundite, kudede, rakkude) suures mitmekesisuses. Kõigi elundsüsteemide anatoomia ja füsioloogia läbivõtmisel peab õpetaja kogu aja silmas pidama vormi ja funktsiooni kokkukuuluvust ning ainet sellelt seisukohalt käsitlema; elundite rakulist ja koelist ehitust tuleb samuti valgustada nende elundite talitluse ja ehituse omavahelise seose vaatepunktist. Vere ja koemahla, nende organismi „vedelate kudede" talitlust, sisekeskkonna talitlust tuleb iga elundsüsteemi õppimisel selgelt rõhutada. Sisekeskkonna talitlused koos ja kõrvuti närvisüsteemi talitlustega peavad olema selleks taustaks, millel järk-järgult areneb ja kindlustub mõiste organismist kui ühtsast tervikust.

Organism kui ühtne tervik. Nagu juba öeldud, tuleb organismi ühtsa terviku mõistest kõneldes silmas pidada, et kogu kursuse ulatuses, järk-järgult üha enam süvenedes, samuti rõhutataks neuro-reflektoorse regulatsiooni tähtsust organismi eluprotsessides. Kõnelemata muidugi teemast „Närvisüsteem", kus reflektoorse regulatsiooni küsimustega tutvutakse koondatud, üldistatud ja avardatud kujul, peavad kursuse kõikide teemade puhul õpilastel järk-järgult ikka enam ja enam arenema süvenenud kujutlused närvisüsteemi funktsiooni osast ja tähtsusest

organismi ühtsa terviku loomisel. Südame- ja soonelihaste sümpaatilise ja parasümpaatilise innervatsiooni tähtsus, hingamisliigutuste reflektoorne regulatsioon, seedenäärmete näärmelise epiteeli töö reflektoorne regulatsioon jne. seoses nende elundite ja elundsüsteemide tegevuse humoraalse regulatsiooniga — kõik need õpilaste järk-järgult korjuvad teadmised, mis kogu aja on seotud rakulise morfoloogiaga, annavad võimaluse käsitella organismi põhifunktsiooni — ainevahetust — tema rakulise struktuuri mitmekesisusest hoolimata organismi ühtsuse seisukohalt.

Ainevahetus. „Toitumise ja eritumise teel toimuvast ainevahetusest kui valgu olulisemast funktsioonist ja temale omasest plastilisusest tulenevad kõik muud, lihtsamad elufaktorid: ärrituvus, mis peitub juba valgu ja tema toidu vastastikuses vahekorras; kokkutõmbuvus, mis avaldub juba õige madalal astmel toidu allaneelamise puhul; kasvamisvõime, mis seisab madalamal astmel jagunemise teel paljunemises; siseliikumine, ilma milleta pole võimalik toidu allaneelamine ega assimileerimine" [1].

Elava organismi kõik põhiomadused ja funktsioonid tulenevad temas lakkamatult kulgevaist aine- ja energiavahetuse protsessidest, mis toimuvad rakkude ja kudede elavas protoplasmas. Rajades inimese anatoomia ja füsioloogia kursuse säärasele alusele, pidades kogu kursuse ulatuses silmas seda põhiasjaolu, avaneb meil lõppteema „Ainevahetus" puhul võimalus teha metodoloogiliselt õige üldkokkuvõte: organismi kui terviku eluprotsessid avalduvad aine- ja energiavahetuses, mis toimuvad selle organismi rakulistes struktuurides.

Inimese anatoomia ja füsioloogia kursuse õige ülesehitamine sellele alusele peab organismi ehitusest ja funktsi-

[1] F. Engels, Anti-Dühring. Partei väljaanne, 1932, lk. 58.

oonidest looma õpilaste teadvuses järgmise üldistatud käsituse.

Organismi kui ühtsa terviku elutegevuse määravad tema rakkude, kudede, elundite ja elundsüsteemide ehitus ja funktsioonid, mis on vastastikuses sõltuvuses ja seoses aine- ning energiavahetuse protsessis.

Mõistagi, et säärast laadi kokkuvõtteni võib õpilasi viia alles anatoomia ja füsioloogia kursuse lõpul, tema lõppteema käsitlemisel. Kuid kogu õpetus peab esimestest sammudest alates toimuma sellest vaatekohast lähtudes, peab sellele välja viima. Kogu kursus tuleb õpetaja poolt üles ehitada põhimõistete valgustusel, mis juhivad säärasele lõppkokkuvõttele.

Asi ei seisa muidugi mitte selles, et viia õpilasi seda laadi formuleeringuni, vaid selles, et anatoomia ja füsioloogia õpetamise olemus, kursust juhtivad põhimõtted looksid inimese organismi eluprotsessidest pildi, mis vastab organismi suhtes niisugusele üldistavale vaatepunktile.

Evolutsioonipõhimõte anatoomia ja füsioloogia õpetamisel. Bioloogiliste distsipliinide õpetamine nõukogude keskkoolis on rajatud evolutsioonipõhimõttele. Botaanika ja zooloogia kursus (VIII—IX klassis) võetakse läbi taime- ja loomariigi evolutsiooni seisukohalt. Taimede ja loomade süstemaatika rajatakse ajaloolisele, fülogeneetilisele baasile, võrdleva morfoloogia, paleontoloogia, embrüoloogia ja ökoloogia elementaarsete aluste baasile. Inimese anatoomia ja füsioloogia kursus X klassis tuleb ehitada samasugusele alusele, ta ei tohi ses suhtes omaette isoleerituks jääda, temas peavad võrdleva anatoomia ja võrdleva füsioloogia elemendid oma koha leidma. Kui õpilased eelnevais kursustes kogusid evolutsioonilise

morfoloogia kohta endale suure hulga faktilisi teadmisi, siis selles kursuses peavad nad peale selle tutvuma funktsioonide evolutsiooni mõnede faktidega. On iseloomulik, et XI klassi kursuses antakse evolutsiooni tõestused — tõestused süstemaatika, võrdleva anatoomia, embrüoloogia, paleontoloogia, biogeograafia alalt — tänini tavalise šablooni järgi. Haruldaselt rikkalikke fakte võrdleva füsioloogia alalt aga ei kasutata üldse. Selleks on suurel määral kaasa aidanud võrdleva füsioloogia elementide puudumine X klassi kursuses.

Kuid kaldudes kõrvale võrdleva anatoomia ja võrdleva füsioloogia alale, tuleb hoolikalt vältida üht põhimõtteliselt lubamatut ja kahjulikku viga — inimese biologiseerimist. Säärastel puhkudel on tarvis kogu aja rõhutada inimese ehituse, funktsioonide ja käitumise kvalitatiivseid iseärasusi, tema anatoomia ja füsioloogia neid kvalitatiivseid eripäraseid jooni, mis on seotud tema põlvnemise ja ajaloolise arenemisega.

Kordame, et võrdleva anatoomia ja füsioloogia elemente sisse tuues tuleb vältida inimese sellist biologiseerimist, nagu seda kasutab kodanlik pedagoogika eesmärgiga sisendada õpilaste teadvusse veendumust sotsiaalse ebavõrdsuse õiguspärasusest, sihiga neile sisendada kodanliku klassi-maailmavaate põhimõtteid. On iseloomulik, et inimese anatoomia ja füsioloogia õpetamine Ameerika ja Inglise koolides toimub „inimese bioloogia" seisukohalt, mida põimitakse üksikute eriteemadena üldise bioloogia kursusse. Arusaadav, et niiviisi ülesehitatud kursuses käsitellakse sotsiaalseid vahekordi olelusvõitluse seisukohalt „kõrgemate" ja „madalamate", „andekate" ja „andetute" vahel, et selles antakse tähtis osa „eugeenikale" kui „inimtõu", rassi selektsioonile jne. Ei tasu kõneldagi sellest, et Saksamaa ja Itaalia fašistlik kool kasutas „inimese bioloogias" fašiseeritud darvinismi, et

lastele sisendada rassiviha, zooloogilist natsionalismi ja sotsiaalse ebavõrdsuse õigustust. Võrdleva anatoomia ja võrdleva füsioloogia alale tehtavate ekskursside tähtsus meie kursuses seisabki peamiselt selles, et need võimaldavad, eriti IX klassis, rõhutada inimese erilist kohta looduses, näidata inimese tööalase tegevuse tähtsust tema anatoomilis-füsioloogiliste iseärasuste kujunemisel.

Võrdleva anatoomia elemente võib ja tuleb pakkuda kursuse peaaegu kõigi teemade käsitlemisel. Selleks on tarvis õpilaste teadmisi VI ja IX klassi zooloogia kursusest valgustada ja ära kasutada esmajoones uuest, vormi ja funktsiooni evolutsiooni vaatekohast. Endast mõista, et nende teadmiste värskendamine, süstematiseerimine ja uus valgustamine ei tekita erilisi raskusi, kui õpetaja oma seletuse ajal kasutab neid õppevahendeid, mida õpilased juba zooloogia kursusest tunnevad.

Peale õpetaja seletuste ja demonstratsioonide võivad suurt osa etendada õpilaste iseseisvad võrdlevfüsioloogilise iseloomuga tööd. Piiratud aeg, mis on määratud keskkoolis füsioloogia jaoks, sunnib teatava osa neist töödest üle viima klassivälisesse õpperingide tegevusse. Ei tarvitse kahelda selles, et säärased laboratoorsed tööd äratavad õpilastes füsioloogia vastu suurt huvi ja meelitavad kaunis suure osa klassist füsioloogilise ringi tööst osa võtma.

Historismi elemendid kursuses. Teaduse arenemise ajaloo põhietappide tundmisel on suur tunnetuslik ja kasvatav väärtus. X klassi õpilasi, 17—18 aasta vanuses, huvitavad tavaliselt väga teaduse ajaloolise arenemise küsimused, ja seda huvi tuleb rahuldada ning teadmiste elustamise ja kinnistamise eesmärgil ära kasutada. Füsioloogia ajaloo niisugused põhitähised, nagu raku avastamise ajalugu ja rakuteooria arenemine, vereringe avastamise ajalugu, seedenäärmete tegevuse uurimise metoodika aja-

lugu, närvisüsteemi füsioloogia arenemise ajalugu, peavad kursuses omama täiesti kindlat kohta ega tohi õpetaja poolt tähele panemata jääda. Eriti tähtis on õpetamisel esitada momente teaduse võitlusest usuga. Millist suurt kasvatavat osa võib etendada jutustus jälitamistest, mille osaliseks said anatoomid, kes hoolimata kiriku keelust salaja lahkasid inimlaipu! Tuleb näidete varal tähelepanu juhtida sellele reaktsioonilisele osale, mida kirik etendas teaduse ajaloos. Nende näidete varal on tarvis paljastada ka need põhjused, miks kirik ja tema esindajad — kõigi usutunnistuste preestrid — ühes oma soosijate — feodaalse ja kodanliku ühiskonna valitsevate klassidega — kõigil aegadel on olnud huvitatud ekspluateeritavate klasside harimatusest.

Peale selle on vajalik, et õpetaja ei piirduks õpperaamatus antud materjaliga, vaid laiendaks seda tundides; ta peab kogu jõudu pingutama selleks, et kooli raamatukogu valiks ja hangiks endale kogu selle populaarteadusliku kirjanduse anatoomia ja füsioloogia alalt, mida me praegu omame. Kahjuks peab tunnistama, et see kirjandus on väga väike, kuid ka olemasolev on õpilastele klassivälised lugemiseks väga väärtuslik.

Muidugi tuleb erilist tähelepanu pöörata vene revolutsioonieelse ja pärastrevolutsioonilise, nõukogude füsioloogiateaduse arenemise põhietappidele. Õpilasi peab tutvustama I. M. Setšenov'i ja I. P. Pavlov'i biograafiatega ning nende teadusliku tegevuse põhimomentidega. Ka on tarvilik, et õpilased katkendite kaudu tutvuksid S e t š e n o v'i „Füsioloogiliste ülevaadetega" ja P a v l o v'i „Närvisüsteemi kõrgema talitluse kahekümneaastaste uurimiskogemustega". Nende katkendite lugemine ja arutlemine tuleb samuti lülitada füsioloogilise õpperingi tööplaani. Igal pool, kus võimalik, tuleb õpilasi tutvustada nõukogude füsioloogia saavutustega. Endastmõistetavalt on meil

sel teel võimalik tunduvalt kaasa aidata õpilastes nõukogude patriotismi kasvatamisele.

Kursuse peamised kasvatuslikud ülesanded. Nõukogude koolis on õpetus ja kasvatus teineteisega katkestamatult seotud — need on nõukogude pedagoogika kaks teineteisest lahutamatut külge. Sotsialistliku ühiskonna kodaniku õpetamine peab olema ühtlasi ka tema kasvatamine. Seepärast peab õpetaja, avardades õpilaste vaimset silmaringi, neid teatavas suunas ka kasvatama. Dialektilis-materialistlik maailmavaade määrab kindlaks kogu koolitöö teadusliku ja kasvatusliku suuna tervikuna ning selle töö üksikud harud — kõigi koolidistsipliinide alad — ja ühtlasi ning rööbiti sellega NSV Liidu kodaniku käitumisharjumuste arenemise. Seepärast on muidugi ebaõige ühe või teise õppeaine õpetamisel isoleerida eraldi kasvatusmomente, neid „teoreetilisele", „teaduslikule" materjalile ainult „külge haakida". Iga aine on osa kooli üldisest õppe-kasvatustööst.

See seisukoht peab eriti selgesti ilmnema ka inimese anatoomia ja füsioloogia õpetamisel. Õppimise objekt — inimene — ja õpetamise ning kasvatamise tase — vanem klass — teevad selle kursuse ülaltähendatud seisukohalt väga vastutavaks.

Kursuse üldist dialektilis-materialistlikku alust on selgitatud eespool. Sellele on rajatud õppeprogramm, seda on käsiteldud ka stabiilses õpikus, kuid eriti suur tähtsus on selle konkretiseerimisel õpetamises endas. Õpetaja kui kooli õppe- ja kasvatustöö juht ei tohi õpetamisel oma eesmärki minutikski silmist lasta.

Kursuse õppe- ja kasvatustöö suund peab selgesti ilmnema füsioloogia mehhanistliku ja vitalistliku orientatsiooni kriitikas, eriti aga võitluses usuliste kujutlustega.

Ei tule arvata, et see kriitika peab aset leidma ainult üksikuil selgeil silmapilkudel, ainult üksikute näidete

varal. Niisuguseid momente tuleb muidugi ära kasutada, ja metoodikas on nad esile tõstetud. Peaasi on aga — teostada kogu õppetööd säärasel viisil, et üksikute füsioloogiliste protsesside ja nende vastastikuse seose ning sõltuvuse dialektilis-materialistlik seletus oleks anatoomia ja füsioloogia kogu õpetamise tuumaks, olemuseks. Seejuures on väga tähtis, et õpetaja ise ei tarvitaks ega lubaks ka õpilastel tarvitada mehhanistlikke ja vitalistlikke väljendeid ning formuleeringuid.

Illustreerime seda seisukohta konkreetsete näidete varal. Mitte ühelgi kooli loodusteaduse alal ei puutu meie kokku säärase õpilaste keskel levinud naiiv-mehhanistliku, idealistliku ja vahel ka usulise orientatsiooniga kui nende kujutlustes närvisüsteemi kohta. Selle allikad peituvad osalt levinud igapäevastes elementaar-idealistlikes ja mehhanistlikes kujutlustes, osalt vanas populaarses kirjanduses, osalt õpetajate formuleeringute lohakuses igal pool seal, kus riivatakse neuraalse regulatsiooni küsimusi. Idealistliku värvinguga formuleeringud, nagu „aju saadab käske", „närvisüsteem juhib", „närvi kaudu lähetatakse signaal", või mehhanistlikud formuleeringud, nagu „närvi mööda jookseb vool", „närv — see on kaabel", liituvad ühelt poolt väga kergesti usulise õpetusega „hingest", teiselt poolt aga viivad eluprotsesside pealiskaudselt lihtsustatud ja moonutatud tõlgendamisele. Närvisüsteemi, eriti suuraju poolkerade füsioloogia teaduslikult õige käsitlemine peab toimuma nii, et see purustaks nii usulised kujutlused „hingest" kui ka käsituse organismist kui masinast. Metoodilistes juhendites teema kohta „Närvisüsteem" leiab õpetaja konkreetseid näpunäiteid selle kohta, kuidas süstemaatiliselt, samm-sammult võidelda nende moonutuste vastu ja kuidas seoses sellega kasvatada aktiivselt-eitavat suhtumist usulis-idealistlikesse ja mehhanistlikesse eelarvamustesse.

Õeldu kehtib ka kursuse teiste teemade kohta. Vere kaitseomaduste küsimuse õige valgustamine, imendumis- ja uriinitekkeprotsesside, hormoonide tähtsuse ja tarvitamise käsitlemine jne. — kõik see on suure väärtusega õppe-kasvatusmaterjal.

Suurt õpetavat ning kasvatuslikku tähtsust omavad õpilaste tutvustamine küsimustega, kuidas füsioloogiat rakendatakse sotsialistliku ülesehitustöö praktikas, ning võimalike perspektiivide avastamine selles suunas. Need on põhiliselt isikliku ja sotsiaalse hügieeni küsimused, tööhügieeni küsimused ja küsimused, mis on seotud kaitseloomuliste korraldustega. Muidugi tuleb ka neid kursuse vastavate momentidega orgaaniliselt seostada. Kohati võib puudutada ka füsioloogia rakendamise küsimusi loomakasvatamise praktikas (näiteks teema puhul „Sisesekretsioon").

Sotsialistliku ülesehitustöö praktika teaduslik valgustamine peab sündima teaduse tõe ja võimsuse selge illustratsioonina vastukaaluks usuliste kujutluste ja muinasjuttude valskusele, kahjulikkusele ja harimatusele.

Metoodika ja programmi vastavad juhendid, samuti nagu siia kuuluv õpiku materjalgi (kahjuks ses suhtes kaunis vaene), tuleb õpetaja poolt täiel määral ära kasutada ja, kordame, mitte kursuse lisana, vaid lahutamatus seoses temaga, tema orgaaniliste osadena.

Meie ei saa siin käsitella bioloogia õpetamise üldmetoodika suurt küsimust, mis puudutab laboratoorse töö oskuste arendamise kasvatuslikku osa. Juhime ainult veel tähelepanu anatoomia ja füsioloogia õpetamise ühele tähtsale kasvatuslikule küljele. Õieti korraldatud elav ja huvitav aine õpetamine võib õpilaste teaduslike püüdluste ja huvide kasvatamisel suurt osa etendada. Meie noorsugu, kes õpib keskkooli VIII klassis, moodustab ses suhtes oma vanuselt ja arengult väga tänuväärse auditooriumi.

Usuvastane töö. Inimese anatoomia ja füsioloogia kursuse usuvastase kasvatuse küsimustel tuleb eraldi peatuda. Peab märkima, et faktid üksikute õpetajate lubamatu neutraalse suhtumise kohta kooli üldisesse usuvastasesse töösse pole sugugi harvad. Nõukogude kooli kasvatustöö ülesanded nõuavad, et likvideeritaks mõnede koolitöö alal töötajate juures valitsev ükskõikne suhtumine õpilasi mõjutavate üksikute kodanikekihtide keskel veel mitte iganenud usulistesse jäänustesse. Koolil tuleb pidada otsustavat võitlust mõnede õpetajate kahjulike targutustega õpilaste usuliste meeleolude ja vaadete automaatsest väljasuremisest. Kooli kogu kasvatussüsteem ja kõigi ainete õpetamine peavad olema korraldatud alusel, mis selgitab lastele usu kahjulikkust ja paljastab seda reaktsioonilist osa, mida etendavad kõigisse usutunnistustesse kuuluvad kiriklased, kes propageerivad sotsiaalselt kahjulikke ideid. Usuvastane kasvatustöö on meie kooli tähtsamaid ülesandeid.

Kooli usuvastase töö ühisfrondil omavad füüsika, keemia ja astronoomia kõrval tähtsamaid ning juhtivamaid kohti bioloogilised distsipliinid. Kui juba elementaarne loodusteadus nooremais klassides ja VIII—IX klassi botaanika ning zooloogia kursus annavad rikkalikku materjali usuvastaseks õpetuseks, siis muidugi veel suuremal määral teevad seda inimese anatoomia ja füsioloogia kursus ning evolutsiooniõpetus X ja XI klassis. Siin võib usuvastase kasvatustöö vastavalt õpilaste vanusele ja üldisele arengule hoopis kõrgemale tasemele tõsta.

Inimese anatoomia ja füsioloogia koolikursus pakub küllaldase hulga selgeid fakte, mis illustreerivad teaduse valgustusel usuliste vaadete absurdsust ja kahjulikkust. Sajandite kestel on kogunenud suur hulk usulisi taigu ja eelarvamusi, mis on seotud inimorganismi elufunktsioo-

nidega. Kiriklased on alati inimese organismi ja tema elufunktsioonide ümber punumud jõhkraid usulisi müüte ja kujutlusi, ühendades neid tänapäeval osavalt usulis-idealistlike ja vitalistlike ebateaduslike „teooriate" rafineeritud õpetustega. Siit kulgeb tähtsaim front võitluses, mida materialistlik teadus peab usuliste ja idealistlike „teooriate" ning „süsteemidega".

Õpilastele arusaadavate teaduse põhifaktide ja teooriate selge ning tõsine vastuseadmine usulis-idealistlikele kontseptsioonidele, samuti värviküllased ekskursid teadusliku anatoomia ja füsioloogia rajajate jälitamisse kiriku poolt — need on usuvastase töö peamised suunad X klassi kursuses.

Nende vestluste ajal peab valgustama klassiolemust usu ja kiriku sajanditepikkuses võitluses teadusega, paljastama selle võitluse tõukejõud. Tuleb kogu aja rõhutada seda tõde, et usk ja kirik on alati soodustanud ja soodustavad praegugi rõhutud klasside ekspluateerimist ning uimastamist. Hoida rahvamasse pimeduses ja harimatuses ning selle eesmärgiga summutada vaba teadusliku mõtte läigatust — sellest on kirik, kes elab töötajate arvel härraste kaitse all, eluliselt huvitatud. Kirik on ekspluataatorlike klasside võimas ja ustav teenija.

Eriti selgesti avaldub kiriklaste võitlus teadusega klassivastuolude teravnemise perioodidel ja revolutsiooniliste jõudude kasvamise ajal. Sellepärast näiteks tõusis teaduse jälitamise laine XIV—XVIII sajandil — kodanluse kasvamise perioodil ja tema tõusmisel feodaalkorra tugede vastu. Sellepärast lähevad ka fašismitsevad teadlased kõduneva kapitalismi maades tänapäeval käsikäes kiriklastega, võltsides teadust usulis-idealistlikul viisil. „Kõiki nüüdisaegseid usundeid ja kirikut, kõiki ja igasuguseid usundilisi organisatsioone käsitab marksism alati kui kodanliku reaktsiooni organeid, mis soodustavad

töölisklassi ekspluateerimist ja uimastamist," kirjutab V. I. Lenin artiklis „Töölispartei suhtumisest ususse" [1].

Õpetajal on füsioloogia kursuses hulk võimalusi mõnede reaktsiooniliste lääne teadlaste poolt toetatud usulis-idealistlike, vitalistlike voolude tõelise olemuse paljastamiseks. Vastandades näiteks kõrgema närvitegevuse protsesside teaduslikku käsitust usulis-idealistliku õpetusega „hingest" (vt. teema „Närvisüsteem"), peab õpetaja rõhutama, et õpetuse elustamine „hingega" on kapitalistliku teaduse kõdunemise sümptoom.

Peaaegu polegi sellist teemat anatoomia ja füsioloogia koolikursuses, kus õpetajale ei avaneks võimalusi usuvastaseks tööks eespool näidatud suundades. Vastavad juhendid leiab õpetaja käesoleva metoodika eriteemade läbitöötamisel.

Siin piirdume ainult ühe näitega kiriku ja teaduse võitluse ajaloost. Nii võib vereringe õpetuse arenemise ajaloo lühikest ülevaadet käsitella järgmise plaani järgi. Jutustanud sellest, kuidas endale kujutlesid vereringeprotsessi Aristoteles (IV sajandil e. m. a.) ja Galenos (II sajandil m. a. j.), siirdub õpetaja „kirikuisade" teadusesse suhtumise üldisele karakteristikale; ta jutustab kirikukeeldudest ja sellest, kuidas kirik seadis „pühakirja" ja Aristoteles'e ning Galenos'e teosed autoriteediks, mis viis teaduse, eriti anatoomia ja füsioloogia seisakule pika ja sünge keskaja, feodaalse surve ja kiriku ülevõimu perioodi kestel. Laipade lahkamise keeld surmanuhtlusega viis näiteks niisugusele absurdsele, Galenos'e autoriteedile toetuvale kujutlusele, nagu oleksid südame vatsakesed südame vaheseinas leiduvate avauste kaudu omavahel ühenduses.

[1] Lenin, Teosed, XIV k., lk. 68.

Siis võib õpetaja jutustada esimestest katsetest, mida XVI sajandil tegi madalmaalane Andreas Vesalius Aristoteles'e ja Galenos'e autoriteedi kõigutamiseks anatoomia ja füsioloogia alal. Siin on tarvis kõnelda sellest, kuidas noorel Vesalius'el tuli öösiti oma elu ohtu pannes varastada hukatud kurjategijate laipu ja neid lahata, kuidas papid ja papitsevad ülikooli doktorid kuulutasid tema Galenos'e autoriteetsuse aluselt lahkumise pärast hullumeelseks ketseriks (osaliselt sellepärast, et Vesalius eitas südame vaheseinas leiduvate avauste olemasolu), kuidas Vesalius'e teosed anti inkvisitsioonikohtu kätte, kuidas ta Padova (Itaalia) ülikoolist, kus ta professoriks oli, pidi põgenema Hispaaniasse, kus ta samuti kõikvõimsa inkvisitsiooni jälitamise alla sattus.

Siin peab jutustama ka XVI sajandi õpetatud arsti Servet' saatusest, kes ühe protestantliku sekti looja Calvin'i korraldusel Genfis ära põletati. Servet kirjutas ühes oma teoses, et veri läheb südame paremast vatsakesest kopsuarteeri kaudu kopsudesse, kus ta õhuga segunedes oma värvust muudab ja kopsuveenide kaudu tagasi vasakusse kotta tuleb. Teiste sõnadega, Servet oli lähedal väikese vereringe avastamisele. Süüdistades Servet'd ketserluses, toetus fanaatik Calvin mitte ainult Servet' taganemisele kristlikest dogmadest, vaid ka tema „ketserlikele" teaduslikele kujutlustele. Ka Servet' teaduslikud tööd põletati.

Üle minnes Harvey suurele avastusele, peab rõhutama seda fakti, et tema töö „Anatoomiline uurimus südame ja vere liikumise kohta" (1628) põrkas, hoolimata oma selgusest ja põhjalikkusest, nagu kõik muugi, mis ei vastanud kiriku poolt tunnustatud autoriteetidele, kiriklaste ja papitsevate teadlaste ägedale vastuseisule.

Nii on õpetajal igal pool, kus ta anatoomia ja füsioloogia ajaloo küsimusi puudutab, võimalus konkreetsete

näidete varal selgesti illustreerida kiriku reaktsioonilist osa teaduse arenemises, samuti paljastada usu ja teaduse võitluse klassiolemust.

Meie ei saa siinkohal suuremal hulgal näidetel peatuda. Metoodika vastavais peatükkides leiab õpetaja taoliste vestluste jaoks materjali.

II. ÕPPEPROGRAMMI ANALÜÜS.

Inimese anatoomia ja füsioloogia kursuse seos eelmise kursusega. Kehtivate alg- ja keskkoolide programmide järgi saadakse inimese anatoomiast ja füsioloogiast algteadmised VII klassis. Seal peavad lapsed omandama elementaarsemad teadmised keha sise- ja välisehitusest ning inimese organismis toimuvaist protsessidest. VII klassi kursuse ees seisavad järgmised ülesanded:

1. Anda õpilastele teadmisi inimese keha peamiste osade ja elundite ehituse ning paigutuse kohta.

2. Anda elementaarne käsitus luustiku, lihaste ja tähtsamate siseelundite — südame, kopsude, neerude jne. — tegevuse kohta.

3. Arendada lastes selge arusaamine põhiliste sanitaar-hügieeniliste harjumuste tähtsusest tervisele.

Sellel anatoomia ja füsioloogia käsitlemisastmel, lastega kolme-neljateistkümne-aastases vanuses, pole võimalust anda kokkuvõtlikku kujutlust organismi terviklikkusest, vastastikusest füsioloogilisest seosest elundsüsteemide vahel, ainevahetusest tervikuna; pole võimalust puudutada füsioloogiliste protsesside põhilisi seaduspärasusi. Tegelikult antakse siin, vastavalt õpilaste vanusele, arengule ja teadmistele, peamiselt ainult kirjeldavaid teadmisi.

Programmi järjestus. I peatükis näidatud põhiprintsiibid, mis on inimese anatoomia ja füsioloogia õpetamise

aluseks keskkoolis, kajastuvad programmis erisugusel määral. Kõige vähem selgelt on selles väljendatud võrdlevanatoomilise ja võrdlevfüsioloogilise iseloomuga momendid.

Programmi analüüsimisel tekib paratamatult küsimus, miks üksikud teemad on antud nimelt selles ja mitte mingis teises järjestuses, missugused juhtivad põhimõtted on selle järjestuse aluseks. On selge, et programmis tuleb kõigepealt arvestada teaduslikku järjestust, s. o. seda järjestust, mida dikteerib antud teaduse metodoloogia; peab olema läbi viidud kindel metoodiline järjestus, mis võimaldab õpilastel materjali kõige otstarbekohasemat omandamist.

Inimese anatoomia ja füsioloogia moodustavad keskkoolis ühtsa liitkursuse. See on muidugi igast seisukohast õige. Keskkoolis, kus antakse need teaduse alused, mida kõrgemas õppeasutises edasi arendatakse ja diferentseeritakse, on füsioloogia eraldamine anatoomiast, funktsiooni eraldamine vormist ebaotstarbekohane, lubamatu nii aine metodoloogia kui ka tema metoodika seisukohalt.

Õieti öelda on anatoomia ja füsioloogia materjali esitamise järjestus mitmesugustes klassides ja üldtarvitatavates käsiraamatutes väga mitmekesine. Kui mitte kõnelda raku üldisest morfoloogiast ja füsioloogiast, mis tavaliselt antakse alguses (kui seda selles kursuses üldse antakse), siis muud osad esitatakse kõige mitmekesisemas järjestuses, kõige mitmekesisemais seoseis. Nii on see ka keskkooli jaoks määratud õpikuis. Ühed algavad närvide ja lihaste füsioloogiaga, s. o. niinimetatud „loomsete funktsioonidega", ja siirduvad siis niinimetatud „taimsetele funktsioonidele", kusjuures mõlemas osas õpitavate elundite ja nende funktsioonide järjestus samuti varieerub.

Väga mitmekesine on materjali paigutus ka üldkursuste autoreil, kes alustavad „taimsete funktsioonidega".

See on ka arusaadav: organismi ühtsas tervikus on tema funktsioonid üksteisega niivõrd läbi põimitud, isekeskis sellises mitmekülgses seoses ja sõltuvuses, et esitamisjärjestuse valikul etendab suurt osa niihästi autori teaduslik kui ka tema metoodiline seisukoht.

Programm lahendab teemade paigutamise küsimuse järgmisel viisil.

Teemade paigutamise järjekord ja nende sisu. Lühikesele sissejuhatusele, mis käsitleb anatoomia ja füsioloogia ainet ning inimese anatoomia ja füsioloogia spetsiifikat, järgneb esimene teema — „Rakk ja koed". Selles antakse elementaarseid teadmisi loomaraku ja kõrgemate loomade kudede morfoloogiast ning füsioloogiast. Seoses rakuteooria kui tänapäeva bioloogia ühe aluse arenemise ajalooga pannakse selles teemas esimesed alused organismi kui ühtsa terviku käsitusele.

Ühenduses kudede ja elundite kultuuride küsimusega on selle teema puhul väga tähtis, et seataks eluprotsesside materiaalset olemust tõestavad teaduslikud vaated vastu religioossele müüdile „hingest" ja vitalistlikele kujutlustele „elujõust".

Teine teema, „Luude ja lihaste süsteem", on peamiselt morfoloogilise iseloomuga. Ühenduses sellega kordavad ja kinnistavad õpilased oma teadmisi inimese keha liigendamisest. Siin moodustatakse alus teiste elundsüsteemide topograafiale. Alustades kursust luude ja lihaste süsteemiga, tugineme peale selle õpilaste jaoks kõige näitlikumale ja seepärast neile kõige arusaadavamale materjalile.

Kolmandas teemas, „Veri ja vereringe", antakse käsitus organismi sisekeskkonnast (verest ja lümfist) kui sellest vedelast keskkonnast, mille kaudu teostuvad ainevahetusprotsessid ja mis etendab tähtsat osa organismi kui ühtsa terviku füsioloogiliste protsesside reguleerimisel. Selles rajatakse niiviisi kursuse edasise käsitluse üks alu-

seid. Siin puudutatakse esmakordselt neuraalse regulatsiooni küsimusi ja vaadeldakse mõningaid uusi tähtsaid bioloogilisi protsesse (vere hüübimist, immuunsust jne.).

Võrdlevanatoomilisi ja võrdlevfüsioloogilisi teadmisi antakse peamiselt vereringesüsteemi arengusse puutuvate teadmiste kordamisena rea selgroogsete loomade juures (VI ja IX klass). Ajaloolises ülevaates on põhimomentideks Harvey avastatud vereringed ning Harvey epohhi tähtsuse karakteristika anatoomia ja füsioloogia arenemise ajaloos.

Nagu ülal mainitud, peab õpetaja selles ajaloolises ülevaates esile tõstma ka sääraseid usuvastase kasvatuse mõttes selgeid ja tähtsaid momente, nagu näiteks Servet' hukkamine ja Harvey võitlus kirikukeeldudega.

Teemaga „Vereringe" on lahutamatus seoses neljas teema „Hingamine". Selles rõhutatakse sisekeskkonna osatähtsust kudede ja kopsude vahelises gaasivahetuses. Tutvustades õpilasi hingamiselundite ehituse ja funktsioonidega ning vere osaga hingamises, antakse käsitus koehingamisest kui ühest ainevahetuse staadiumist, mis toimub rakuaine lagunemise ja hapendamise tulemusena. Sellest teemast arenevadki edasi neuraalse ja humoraalse regulatsiooni (hingamiskeskuse automaatsus) ja fermentide tähtsuse küsimused ainevahetuses (koehingamine).

Siin leiavad endale koha niisugused kasvatusliku iseloomuga küsimused, nagu näiteks see, kui võhiklik on usuline kujutlus „hingest", mis on tekkinud ürgse animistliku kujutluse põhjal hingamisest; ühtlasi käsitellakse hingamise tervishoidu ja samuti võitlust hingamiselundite kaudu toimivate ründemürkide vastu.

Teema „Toitumine" on kursuse keskseid teemasid. Siin esitatakse tähtis materjal, mis valgustab mitmeid aine- ja energiavahetuse protsessi momente organismis. Seoses fermentide poolt seedeprotsessisse avaldatava

toime selgitamisega, imendumis- ja omastamisprotsesside käsitlemisega avaneb õpilastele selge pilt bioloogiliste tegurite tähtsusest organismi elutegevuses, nende kvalitatiivsest eriomadusest. Ühenduses eelkäivate teemadega ja organismi neuraalse ning humoraalse regulatsiooni küsimustega, mida siin konkreetse materjali põhjal puudutatakse, võib selle teema käsitlemisel juba küllalt selgesti läheneda organismi ühtsa funktsionaalse terviku küsimusele.

Tänuväärseks materjaliks sellel alal on seedemehhanismi uurimise metoodika ajaloo ülevaade Graaf'ist (XVII saj.) kuni I. P. Pavlov'ini. I. P. Pavlov'i töid seedeprotsesside uurimise alalt, mis moodustavad eri ajajärgu füsioloogia arenemises, tuleb muidugi küllalt põhjalikult valgustada.

Teemaga „Eritus" lõpeb organismi kogu-ainevahetuse protsessidega tutvumine. Selle teema, nagu kõigi eelnevategi puhul kerkib jälle selgesti esile sisekeskkonna osa ainevahetuses; siin rõhutatakse uuesti bioloogiliste protsesside seaduspärasuste kvalitatiivset omapära (uriini tekkimise protsess), ühtlasi tulevad uuesti nähtavale mõned seaduspärasused organismi vastastikusest seosest keskkonnaga (soojuse äraandmine ja higi eritamine).

Reguleerivate süsteemide tundmaõppimine algab teemaga „Närvisüsteem". Selle suure ja tähtsa teema puhul võetakse esiteks kokku need teadmised närvisüsteemi reguleerivast talitlusest, mida õpilased on kogunud teiste elundsüsteemide füsioloogia läbivõtmisel; teiseks selgitatakse närvisüsteemi kui üksikute elundsüsteemide omavahelist seost reguleeriva süsteemi ülesannet; kolmandaks antakse käsitus vastastikuste suhete regulatsioonist organismi ja väliskeskonna vahel. Seoses kesknärvisüsteemi funktsioonidega on eriline tähtsus mõnede kõrgema närvitalitluse küsimuste (tingreflektoorne talitlus,

teadvus ja mõtlemine) elementaarsel käsitlemisel. Lõppeks on täiesti õieti kava sellesse teemasse lülitatud tutvumine meele-elundite kui analüsaatorite süsteemi retseptoorsete osadega.

Seoses inimese kõrgema närvitalitluse küsimustega tuleb, muidugi vastavalt õpilaste vanusele, käsitella teadvust kui kõrgelt organiseeritud mateeria produkti — vastukaaluks religioossetele juttudele „mittemateriaalsest hingest". Samuti on vaja tõsist tähelepanu pöörata kõrgema närvitalitluse õpetuse arenemise ajaloole, eriti I. P. Pavlov'i õpetusele tingitud reflekside materialistlikust olemusest ning nende uurimismeetoditele.

Niisama tõsist tähelepanu tuleb siin osutada närvisüsteemi, eriti suuraju poolkerade võrdleva anatoomia ja võrdleva füsioloogia mõnedele põhimomentidele.

Pärast närvisüsteemi käsitellakse teist reguleerivat süsteemi — sisesekretsiooni-elundite süsteemi. Sisesekretsiooni-näärmeid vaadeldakse kui süsteemi, mille kaudu koostöös närvisüsteemiga teostub organismi ühtne tervik. Ka selles teemas ühelt poolt üldistatakse ja liidetakse ühte üksikud eelmiste teemade läbivõtmisel saadud teadmised näärmete sisesekretoorsest talitlusest, teiselt poolt aga avardatakse ja süvendatakse neid teadmisi laialdasema anatoomilis-füsioloogilise materjali alusel.

Väga soovitav on õpilastele anda teatav lühike ajalooline ülevaade sisesekretsiooni-õpetuse arenemisest seoses elusorganismide loomuse vallutamise ajalooga inimese poolt.

Selles ajaloolises ülevaates ei tohi vaikides mööduda sääraseist usuhullustuse näiteist, nagu „inglihäältega" poisikeste kastratsioon paavsti kirikukoori jaoks ja meil hilises minevikus tegutsenud skopetside usulahk, kus ennast „jumala auks" vigastati. Vastukaaluks sellele tuleb, juhtides tähelepanu võimalusele sisesekretsiooni-

näärmete leotiste ja preparaatide tarvitamise teel mõjutada loomade ning inimese ainevahetuse, kasvamise ja arenemise protsesse, rõhutada neid perspektiive, mis seoses sisesekretsiooni-teooria arenemisega avanevad sotsialistlikule ülesehitustööle (loomakasvatusele, tervishoiule).

Teema „Ainevahetus inimese organismis" on üldistav ja ühendav teema ning omab seepärast kursuses väga suurt tähtsust. Seoses programmi selle osa üldkokkuvõtetega on antud võimalus kinnistada ja korrata eelmisi teemasid kogu varem läbivõetud materjali põhikokkuvõtete alusel. Kursuse juhtivad alused — organismi rakuline ehitus, organism kui ühtne tervik, ainevahetus kui organismi põhifunktsioon — saavad siin oma sünteetilise väljenduse.

Viimasel teemal „Kasvava organismi füsioloogia" on kursuses veidi eriline koht. Tema peamiselt kasvatuslik tähtsus on täiesti selge. Inimese sigimise anatoomia ja füsioloogia elemente ei valgustata siin arusaadavail põhjustel sääraselt seisukohalt ja sellises ulatuses, nagu seda on võimalik teha elundsüsteemide tundmaõppimisel. Vaadeldava teema selline iseloom tingibki tema paigutamise kursuse lõppu.

III. NÕRGAD KOHAD ANATOOMIA JA FÜSIOLOOGIA ÕPETAMISEL.

Inimese anatoomia ja füsioloogia kursus on bioloogia kõige vähem varustatud ala keskkoolis. Selle peamine põhjus peitub asjaolus, et seda kursust pole senini ei metoodilise kirjanduse ega ka õppevahenditega küllaldaselt varustatud. Seisukorda halvendab veel see fakt, et vastavasisuline populaarne kirjandus nii õpetajale kui ka õpilastele on senini kaunis vaene.

Usuvastase töö tähtsuse alahindamine. Nagu juba ülalpool tähendasime, ilmneb koolipraktikas inimese anatoomia ja füsioloogia õpetamise ühe väga tähtsa õpetuslik-kasvatusliku külje — usuvastase külje — tähtsuse alahindamine. See kahjulik alahindamine on koolides kaunis laialt levinud, kui mitte kõnelda tervest isiklikust initsiatiivist mõnede üksikute õpetajate juures, kes teevad oma tundides süstemaatilist ja püsivat usuvastast tööd.

Tunduv osa süüst langeb programmile ja stabiilsele õpikule, kus ei läheneta kursuse usuvastasele suunitlusele küllaldase konkreetsusega. Ja ometi annab X klassi õpilaste arenemistase, samuti ka aine ise võimaluse usuvastast õppe-kasvatustööd tõsta kõrgemale tasemele kui nooremais klassides. I ja II peatükis oleme tähelepanu juhtinud kursuse usuvastase töö peasuundadele, üksikute teemade metoodilistes juhendites leidub aga rida nõuandeid, millest juhindudes võib õpetaja igal üksikjuhul seda tööd ise edasi arendada.

Seose puudumine bioloogia teiste aladega. X klassi kursus võetakse koolis tavaliselt läbi peaaegu ilma igasuguse seoseta botaanika ja zooloogia eelnevate kursustega ja ilma perspektiivse orientatsioonita XI klassi kursuse suhtes. Ometi kogusid õpilased zooloogia läbivõtmisel rikkaliku tagavara võrdlevanatoomilise ja osalt ka võrdlevfüsioloogilise iseloomuga teadmisi. Tavaliselt ei uuendata ega kasutata neid teadmisi vajalikul määral. Kui palju aega ja jõudu võiks säästa, kui õieti ära kasutada õpilaste teadmisi kõrgemate loomade luustikust, nende vereringe-, hingamis- ja seede-elundeist, kesknärvisüsteemist jne. Toetudes eelmisele kursusele võib peale selle inimese anatoomiat muuta märksa huvitavamaks ja mälule vähem koormavaks, valgustades teda evolutsioonilisest vaatepunktist. Sama kehtib, tõsi küll vähemal määral, ka füsioloogia kohta, kuid siingi pole eelnevais klassides omandatud teadmiste tagavara mitte enam nii väga väike.

Ometi annavad meie käsutuses olevad materjalid ja vaatlused tunnistust sellest, et anatoomiat ja füsioloogiat õpetatakse nii, nagu poleks õpilased kuni X klassini mingeid anatoomilis-füsioloogilisi teadmisi omandanud ja nagu ei kavatsetaks neid teadmisi ka tulevikus kasutada. Seepärast esitatakse siis ka kursuse paljusid osi õpilastele säärasel elementaarsel kujul, et need pole nende jaoks ei uued ega huvitavad; mõned teised osad aga, kui need pole seoses varem saadud ja mälus kergesti uuendatavate teadmistega, osutuvad hoopis raskemaks ja vähem arusaadavaks, kui oleks võinud oodata.

On täiesti selge, et anatoomia ja füsioloogia õpetamisel tuleb igal pool, kus see vajalik ja võimalik, õpilaste mälus uuendada, avardada ja uutesse, enam süvendatud seostesse asetada kõik need teadmised bioloogia ja naaberdistsipliinide (kee-

mia ja füüsika) alalt, mis eelmistes klassides on omandatud.

Seose puudumine teemade vahel. Kuid kahjuks on õpetamise praktikas kaunis levinud veel üks, esimesel pilgul isegi ebatõenäolisena näiv põhimine viga: kursuse üksikuid teemasid õpitakse üksteisest eraldi või siis paremal juhul mitte küllaldases seoses üksteisega. Ja seda tehakse inimese anatoomia ja füsioloogia kursuses, kus vormi eraldamine funktsioonist, ühe süsteemi funktsioonide eraldamine teise süsteemi funktsioonidest on jämedaim, mitte ainult metoodiline, vaid ka metodoloogiline viga. Teema „Rakk ja koed" materjali sageli peaaegu ei kasutatagi kursuse edaspidises töös; teema puhul „Veri ja vereringe" antud käsitus organismi sisekeskkonnast jääb eraldatuks kõigi elundsüsteemide funktsioonide ja organismi ühtsa terviku elavast avaldusest; üksikute elundite ja elundsüsteemide töö neuraalse ja humoraalse regulatsiooni protsesse puudutab õpetaja paremal juhul kas väga pealiskaudselt või siis üldse mitte, mille tagajärjel teemad „Närvisüsteem" ja „Sisesekretsioon" osutuvad õhus rippuvaks, sugugi mitte seotuks eelmiste teemadega, nende funktsioonidega tutvuvad õpilased nagu millegi hoopis uuega jne. Eriti negatiivselt kajastub säärane ainele lähenemine kursuse üldistava teema „Ainevahetus" õppimises. Aine- ja energiavahetuse protsessid organismis laotakse õpilaste pähe lahus kõigest varem läbivõetust, teemaga tutvutakse nagu millegi isoleerituga, ja selle tagajärjel muutub see tähtsaim ühendav teema mingiks dogmaatiliseks ja väga raskeks lisandiks kursusele.

Õpetaja peab kogu kursuse kestel silmas pidama, et rakkude, kudede, elundite ja elundsüsteemide ehitust ja funktsiooni tuleb käsitella elavas vastastikuses seoses ning koostöös organismi kui ühtsa tervikuga; et, teostades

organismi tundmaõppimist „osade kaupa", pöörates iga teema puhul peatähelepanu ühe või teise elundsüsteemi ehituse ja funktsiooni seaduspärasustele, ei tohi unustada ja kõrvale jätta mitmekülgseid süsteemidevahelisi anatoomilisi ja füsioloogilisi seoseid. Järgnevas tuleb toetuda eelnevale, eelnevas panna alus järgnevale.

Praktiliste tööde ja demonstratsioonide mitteküllaldane kasutamine. Kõige nõrgem koht anatoomia ja füsioloogia õpetamisel, nagu näitavad korduvad revideerimised ja nagu kõnelevad rohked andmed kohtadelt, on eranditult sõnaline, „kriitika abil" õpetamine. Kui see „meetod", olgugi mitte küllalt kiiresti ja korrapäraselt, on botaanika ja zooloogia õpetamisest järk-järgult kadumas, siis anatoomia ja füsioloogia õpetamisel on ta veel laialt levinud. Demonstratsioone, aga eriti õpilaste laboratoorseid töid, praktiseeritakse väga harva ning kaugeltki mitte kõigis koolides.

Ei ole mõtet pikalt rääkida õpetamise näitlikkuse ja õpilaste praktiliste tööde kasutamise tähtsusest õpetamisel — igale õpetajale on see selge, aga tavaliselt kõneldakse sellest „kurbusega", nagu seisaksid sellel teel ees võitmatud objektiivsed takistused.

Kogemused paljudes koolides, kellede käsutuses on tavaline eelarve ja tavalised õppevahendid, on näidanud, et õpetaja algatus, tema aktiivsus etendavad siin määravat osa. Tõsi küll, kooli käsutuses pole tänapäevani vastavat seeriat tabeleid anatoomia ja füsioloogia alalt, mulaažide ja preparaatide hulk pole küllaldane jne. Aga klassitabeleid võivad õpilased käesoleva metoodika juhendite ja vastavate eeskujude järgi õpetaja juhtimisel ise joonistada; on vaja ainult õigeaegselt, s. t. mõni aeg enne vastava teema alustamist selle eest hoolitseda. Ka lihtsamate preparaatide valmistamisviise on näidatud allpool, ja

materjalid nende jaoks on kättesaadavad igal pool, kõige eest tuleb ainult aegsasti hoolitseda. Mõningaid aparaate laboratoorsete tööde ja demonstratsioonide jaoks, samuti materjale, nagu konni, rotte, loomade sisikondi, loomade üksikuid osi, liigeseid jne., võib saada igalt poolt; tapamaja, avaliku söökla köök, ambulatoorium, apteek, lähim veekogu — kõik need on materjali allikad laboratoorsete tööde ja demonstratsioonide jaoks klassis. Õpetaja, kes suhtub oma töösse tõsiselt ja armastusega, ja säärane on meie õpetajate enamik, peab selles suunas ainult algatusvõimet ilmutama ja süstemaatiliselt, organiseeritult ning korrapäraselt tegutsema.

Kuid lülitades oma tähelepanu ja hoole orbiiti õpetamise näitlikkuse ja aktiivsuse kindlustamise, ei tule sattuda teise äärmusse. Demonstratsioonide ja laboratoorsete tööde üleküllus tunni teiste elementide kahjuks viib materjali puudulikule teoreetilisele töötlemisele, tema puudulikule omandamisele. Demonstratsioonid ja väljajagatud materjali vaatlemised peavad tundi s a a t m a, laboratoorsed tööd peavad iga teemat elustama ja konkretiseerima, aga see on ainult õpetamisprotsessi o s a, kuigi väga tähtis ja väga vajalik õpetamise k ü l g. Õpetaja loenguline seletus, mida saadab väike hulk lihtsaid ja selgeid demonstratsioone, õpetaja poolt täpselt juhitud vestlus, aeg-ajalt korraldatud laboratoorsed tööd, õpilaste küsitlemine, õpetaja joonised klassitahvlil, õpilaste üleskirjutused ja joonistused vihikuisse — ainult üks või teine kombinatsioon kõigist neist tööviisidest tunnis võib kindlustada õpilaste täpseid ja konkreetseid teadmisi. Mõne näitlikkuse liigne harrastamine, suure hulga demonstratsioonide ja laboratoorsete tööde korraldamine õppetunni teiste külgede kahjuks tekitab neid vigu, mille suhtes meid korduvalt on hoiatanud ÜK(b)P Keskkomitee ja valitsuse otsused alg- ning keskkoolide kohta.

Väär arusaamine kursuse anatoomia ja füsioloogia vahekorrast. Viimaks tuleb märkida veel üht nõrka kohta anatoomia ja füsioloogia õpetamisel, mis, tõsi küll, pole nii väga levinud: anatoomia eraldamine füsioloogiast, vormi eraldamine funktsioonist. Mitmetes koolides võib näiteks konstateerida, et anatoomiale pühendatakse liiga palju aega ja tähelepanu füsioloogiliste protsesside mõistmise ja tundmise kahjuks. See tunnistab kahtlemata seda, et õpetus kulges kõige väiksema vastupanuga joont mööda: nii oli kergem ja lihtsam, õpilased omandavad anatoomiat kergemini.

On täiesti selge, et siin on tegemist jämeda metodoloogilise ja metoodilise veaga. Morfoloogia õppimine füsioloogiast eraldi on täpselt samasugune nagu aine ümberpöördud käsitleminegi: see ei anna õpilastele reaalset, konkreetset pilti inimorganismi tegevusest, ei loo sellest kujutlust kui ühtsast tervikust. Füsioloogiliste funktsioonide eraldamine elundite ehitusest, funktsioonide käsitlemine ilma nende materiaalse aluseta avavad tee idealistlikele moonutustele. Anatoomiliste teadmiste omandamine lahus füsioloogiast suretab õpilastes huvi aine vastu, teeb selle kuivaks, mittehuvitavaks ja igavaks.

Teadmiste ebaõige kordamine ja kinnistamine. Ainult kursuse õige läbivõtmise korral saab lahendada kooli raskeimat ülesannet — teadmiste teadlikku kinnistamist. Ometi pole kellelegi saladuseks, et vastav teadmiste kinnistamine anatoomia ja füsioloogia kaunis pingsa õppeprogrammi puhul, aga ka teiste bioloogiliste distsipliinide alal keskkoolis, on meie töö nõrgemaid kohti. Omandatud teadmiste ärakasutamine uutes, avaramais ja süvendatumais seoseis ning üldistustes, millest oli juttu juba eelmises peatükis, on püsiva ja teadliku omandamise ainsaks aluseks. Säärast omandamist ei saavutata ainult ühe kordamisega; kordamist tuleb ühendada kordamisele kuu-

luva materjali kasutamisega uutes seostes; korratav materjal jääb püsivalt meelde ainult siis, kui seda kasutatakse millegi uue puhul ja millegi uue jaoks, mis temaga on seoses.

Erilist tähtsust kordamisel ja teadmiste kinnistamisel omab teema „Ainevahetus", mida õpetaja peab käsitlema nii, et seoses sellega oleksid korratud ja kinnistatud eelneva kursuse alused. Säärane kordamine on muidugi hoopis väärtuslikum, mõtestatum ja efektiivsem kui tavaline, kursusest eraldatud kordamine, millele vähe aega jäetakse. Seepärast peab peatükile „Ainevahetus" plaani järgi määratama hoopis rohkem aega, kui seda tavaliselt õppeaasta lõpuks kordamise jaoks varuks jäetakse.

Samasugune tähtsus teadmiste kinnistamiseks on anatoomia ja füsioloogia kursuse seostamisel zooloogiaga (võrdleva anatoomia ja võrdleva füsioloogia elemendid). X klassi kursus peab olema seoses eelmiste kursustega ja peab arvestama XI klassi programmi. Seda aabitsatõde pole kahjuks õpetajad-bioloogid päris teadlikult omandanud, ja tulemuseks on kõigile tuntud kurb nähtus, kus õpilaste teadmised aastast aastasse „ära auravad".

IV. ÕPILASTE TÖÖ RAAMATUGA.

Raamatuga töötamise oskuse omandamine on tähtsamaid ülesandeid iga aine läbivõtmisel koolis. Selle töö oskuse omandavad õpilased aegamööda. Kui algkoolis ja keskkooli nooremais klassides (V ja VI klass) raamatuga iseseisva töötamise oskus on veel nõrk, kui õpetajal tuleb seal klassis töötamisel õpiku t e k s t i sageli kas selgitava lugemise või seletuste sisu õpiku tekstile lähedasel kujul kokkuvõtmise teel läbi arutada, siis X klassis see on muidugi juba käidud etapp. X klassis peab raamatuga, eriti õpikuga iseseisva töötamise oskus vajalikult kõrgele tasemele tõstetud olema.

Töö õpikuga. Stabiilne õpik, olles õpilastele üheks teadmiste allikaks, on ühtlasi peamiseks teadmiste kinnistamise abinõuks iseseisval kodusel töötamisel. Õpikus on aine alused esitatud süstemaatilisel ja kokkusurutud kujul. Seal leiavad õpilased kokkuvõtte sellest materjalist, mis õpetaja juhtimisel on klassis töötamise ajal ette valmistatud ja läbi võetud. Ainest arusaamisele ja selle mõistmisele paneb õpetaja aluse tunnis kõigi nende pedagoogiliste võtete abil, millele tund on rajatud.

Toetudes programmile ja õpikule ning orienteerudes nende järgi, peab õpetaja oma tundides materjali esitama muidugi elavamal, ulatuslikumal ja selgemal kujul, kui seda saab teha õpikus. Tunni alusteks on elav seletus, mis ei piirdu õpiku teksti esitamisega, demonstratsioonid, laboratoorne töö, vestlus, joonistamine jne. Materjali

teema omandamiseks, kinnistamiseks ja kordamiseks peab õpilane aga õpikust leidma.

Endast mõista ei või ega tohi X klassis enam aset leida õpiku teksti lugemine õppetöö ajal; näpunäited õpilaste koduse töö kohta õpiku suhtes peavad seisma tähelepanu juhtimises sellele, kuidas õpikut tuleb igal üksikul juhul kasutada: millele on tarvis erilist tähelepanu pöörata, mida tuleb täiendada, ja peaasi, missugusel viisil tuleb antud konkreetne materjal omandada.

Täiesti lubamatu ja kahjulik on õpiku teksti sõnasõnaline pähetuupimine. Tuupimine toimub tavaliselt neil juhtudel, kui õpetamine seisab õpiku teksti ümberjutustamises, kui õpetaja oma õpetamises ei välju vormilt ega sisult õpiku teksti sõnalisest raamist. Massiline pähetuupimine, kus see aset leiab, annab tunnistust dogmaatilisest, sõnalisest õpetamisest, ja selles on täielikult süüdi õpetaja.

Kuid ka õige töötamisviisi puhul võivad esineda üksikud mõttetud pähetuupimise juhud. Küstlemisel võib õpetaja säärased õpilased väga kergesti välja selgitada. Kõige sagedamini on siin tegemist õpilase ees seisva ülesande väära mõistmisega, varem omandatud ebaõigete harjumustega. Õpetaja ülesandeks on neil juhtudel näidata, kuidas õpiku järgi tuleb õppida, kuidas seda peab kasutama.

Õpiku jooniste kasutamine. Siin ei tarvitse kõnelda sellest, milline suur tähtsus on loodusteaduse õpikus joonistel. Ometi ei oska tavaliselt kaugeltki mitte kõik õpilased õpiku jooniseid kasutada. Väga sageli jätavad õpilased, lugedes hoolikalt õpiku teksti, joonised kas tähele panemata või ei tööta nende kallal, ei tungi nende üksikasjadesse. Õpilasi tuleb õpiku jooniseid teadlikult kasutama õpetada.

Üheks teeks on õpetaja seletuste ajal õpiku jooniste kasutamine ja nende detailide arutlemine. Kõige tähtsamaid jooniseid, skeeme ja diagramme võib lasta vihikuisse joonistada. Lõppeks võib õpiku jooniste arutlemine olla üheks küsitlemise aluseks.

Klassiväline populaarteadusliku kirjanduse lugemine. Kõige mõjusamaid abinõusid õpilaste teadusliku silmaringi avardamiseks, aine vastu elava huvi arendamiseks, tema vastu armastuse kasvatamiseks on hea populaarteadusliku kirjanduse lugemine. Huvitavalt, elavalt ja arusaadavalt kirjutatud raamat võib olla suurimaks õpetamise ja kasvatamise vahendiks. Õpetaja peab kogu oma jõudu selleks pingutama, et kooli raamatukogus oleks küllaldasel hulgal neid populaarteaduslikke raamatuid füsioloogia alalt, mis metodoloogiliselt ja kirjanduslikult tasemelt seisavad vajalikul kõrgusel. Soovitades vastava teema läbivõtmisel teatavat raamatut, vesteldes sellest õpilastega, kasutades ja arutades seda õpperingi töödel, on õpetajal võimalus sisendada õpilastesse populaarteaduslike raamatute vastu armastust. Ei tarvitse pikalt kõnelda sellest, et niisugune lugemine võib peale selle etendada tohutut osa õpilaste kirjandusliku keele arendamises, nende suulise ja kirjaliku keeleoskuse tõstmises — kooli kogu pedagoogilise kollektiivi ühe tähtsaima ülesande saavutamises.

Kahjuks ei saa õpilastele kohase anatoomia- ja füsioloogia-alase populaarteadusliku kirjandusega käesoleval ajal veel kiidelda. Aga kaks-kolmkümmend raamatut võib praegu ikkagi juba kokku saada.

V. TUNNIANDMISE VÕTTEID.

Õppetöö organiseerimise põhivormiks koolis on tund, ja õpetaja peamiseks ülesandeks on selle ettevalmistamine. X klassi kursuses domineerib mõnedes tundides morfoloogiline, teistes aga füsioloogiline materjal.

Esimest tüüpi tundidele on iseloomulik looduslike objektide, mulaažide ja tabelite demonstreerimine, töö väljajagatava materjali ja mikroskoobiga. Teist tüüpi tunde iseloomustavad klassis teostatavad eksperimendid — kas demonstratsioonide või laboratoorsete tööde näol.

Peale nende tunni põhitüüpide eraldatakse programmi iga üksiku osa läbivõtmise lõpul tunnid läbivõetud materjali kordamiseks ja õpilaste teadmiste kontrollimiseks. Arusaadavalt peab inimese anatoomia ja füsioloogia õpetaja tunniandmise üldiste didaktiliste võtete valitsemise kõrval tundma ka spetsiifilisi võtteid, mis lähtuvad kursuse enda iseärasustest.

1. Ettevalmistus tunniks.

Töö planeerimine. Tunni ettevalmistus on õpetaja töö tähtsamaid momente. Et tunniks korrapäraselt ette valmistuda, peab omama tunni konspekti või plaani. See koostatakse õpitava teema õppeplaani alusel. Teema õppeplaan koostatakse omakorda kooskõlas kursuse läbivõtmise aastaplaaniga. Nii on tunni korrapäraseks etteval-

mistamiseks tarvilikud aasta õppeplaan, teema plaan ja antud tunni plaan või konspekt. Õppeplaan kujutab endast materjali käsitlemise korra kavandit. See määrab, missuguste võtete abil tuleb antud materjal läbi võtta, ja annab ligikaudse loetelu töövahendeist, mida on tarvis ühe või teise küsimuse käsitlemiseks. Niisuguse plaani koostamisel on suur tähtsus: õpetaja võib õigel ajal tutvuda teadusliku kirjandusega nende küsimuste alal, mis talle on vähem selged, ta võib läbi vaadata metoodilise materjali, õigeaegselt varuda demonstreerimis- ja väljajagamis-materjali, hankida vajalikud preparaadid ja reaktiivid, valmistada endatehtavad töövahendid. Säärase plaani näitena esitame õppeplaani teema kohta „Toitumine" (vt. tabel lk. 40—41), mis on koostatud käesoleva metoodika juhendite alusel.

Teema õppeplaani alusel valmistub õpetaja tundideks. Pärast ettevalmistust võib ta koostada iga tunni jaoks plaani või konspekti.

Töö õpikuga. Tunnis selgitamisele tuleva materjaliga on õpetajal tarvis hoolikalt tutvuda niihästi selle teoreetilise sisu kui ka õpetamise metoodika seisukohalt. Õpetaja üheks ülesandeks on tähelepanelik tutvumine stabiilse õpiku materjaliga. Teadmiste hulga, mis õpilasel tuleb antud tunnis omandada, määrab stabiilne õpik tunduval määral kindlaks. Muidugi võib õpetaja õpikus esitatud materjali suhtes teha muudatusi ja täiendusi. Igal juhul aga peavad õpilased vähemalt stabiilse õpiku piirides teadmisi saama. Õpiku materjali analüüsimisel määratakse kindlaks, missuguseid mõisteid õpilased tunnis peavad omandama. Seoses sellega märgitakse ära ka materjali selgitamise metoodilised võtted, valitakse looduslikud objektid, katsed, tabelid, mulaažid jne.

Sageli leiame õpikus kohti, mida ei saa õpilastele selgitada ilma materjali abiks võtmata teiste teaduste, näi-

teks füüsika või keemia alalt. Nii on ilma filtratsiooni, difusiooni ja osmoosi olemuse ettevalmistava seletamiseta õpilastele erakordselt raske seletada imendumise füsioloogilise protsessi olemust. Õpilased ei saa lihtsalt aru sellest, mida neile seletatakse. On vaja selgitada, kas õpilased omavad antud küsimuse alalt tarvilikke teadmisi. Neil juhtudel, kui õpilased ei mäleta vastavat materjali, tuleb tunni plaanis ette näha aeg täiendavate teadmiste andmiseks.

Teadusliku ja metoodilise kirjanduse kasutamine. Teoreetilise materjaliga tuleb õpetajail tutvuda kõrgemate õppeasutiste õpikute ja erikirjanduse varal. Tähelepanelik tutvumine teadusliku materjaliga hoiab õpetajat võimalike teaduslike vigade ja vulgariseerimise eest. Väga kasulikuks võib osutuda populaarteaduslik bioloogiline ja meditsiiniline kirjandus, samuti populaarteaduslikes ajakirjades leiduvad artiklid anatoomiliste ja füsioloogiliste küsimuste kohta. Siit leiab õpetaja palju faktilist materjali, mida võib kasutada tunnis käsiteldavate küsimuste illustreerimisel näiteina. Kõige huvitavamaid ja õpilastele arusaadavaid raamatuid ja artikleid võib neile soovitada seoses õpitava materjaliga klassiväliseks lugemiseks. Erakordselt tähtsaks elemendiks tunni ettevalmistamisel on tutvumine metoodilise kirjandusega. Peale metoodiliste teoste on olulisteks allikateks anatoomia ja füsioloogia käsiraamatud praktiliste tööde korraldamiseks, ajakirjas „Биология в средней школе" ja teistes populaarteaduslikes ajakirjades leiduvad metoodilised kirjutised. Väga kasulikeks teatmeteoseiks võivad olla kõrgemate õppeasutiste käsiraamatud praktiliste tööde korraldamiseks anatoomia ja füsioloogia alal.

Katsete ja töövahendite ettevalmistamine. Iga katse,

Teema „Toitumine", arvestatud 10 tunniks (27. XI—23. XII).

Daatum	Tunnid	Tunni sisu	Töövõtted	Töövahendid
27.—29. XI	1—2	Toitumise ja seedimise tähtsus. Seedeelundite ehitus: suuõõs, söögitoru, magu, sooled ja hambad	Loeng lahatud looma demonstreerimisega. Töö kättejagatava materjaliga: söögitoru- ja soolelõikudega, lahatud magudega. Sooleseinte, söögitoru ja mao ehituse preparaatide demonstreerimine mikroskoobi all	Lahatud loom (küülik). Soole- ja söögitorulõigud, sea või küüliku lahatud maod Mikroskoobid. Mikroskoobilised preparaadid. Tabel „Seede-elundid"
3.— 5. XII	3—4	Toitainete põhigrupid: valgud, rasvad, süsivesikud, mineraalsoolad, vesi, vitamiinid	Loeng valke, rasvu ja süsivesikuid sisaldavate toiduainete demonstreerimisega. Avitaminoosinähtude demonstreerimine (pildid ja diapositiivid)	Reaktiivid: Fehling'i lahus (nr. 1 ja 2), kaaliumhüdroksüüd, vasevitriol, kanamunavalge, viinamarjasuhkur, taimevõi. Avitaminooside tabelid ja diapositiivid
9.—10. XII	5—6	Seedefermendid. Valkudesse, süsivesikuisse ja rasvadesse toimivate fermentide mõiste. Seedenäärmete talitluse uurimise meetodid	Loeng koos katsete demonstreerimisega maomahla toime kohta toidu valkudesse. Laboratoorne töö sülje poolt toidu süsivesikuisse avaldatava toime selgitamiseks. Tabelite demonstreerimine õpilaste tutvustamiseks seedenäärmete talitluse uurimise meetoditega	Reaktiivid süsivesikute, valkude ja rasvade avastamiseks. Maomahl. Tärklisekliister. Konna jäsemed. Keedetud liha. Muna. Fibriin. Tabelid või diapositiivid seedenäärmete uurimismeetodite kohta

15. XII	7	Toitainete imendumine	Loeng katsete demonstreerimisega konna naha ühepoolsest läbilaskvusest	Konnad. Prepareerimisriistad. Niit. Lehtrid. Laiad purgid või klaasid, füsioloogiline lahus. Metüleensinine. Tabelid: „Hatu ehitus“ ja „Seede-elundid“
17. XII	8	Imenduvate ainete saatus. Maksa ülesanne. Värativeeni süsteem	Loeng tabelite demonstreerimisega	Tabel „Värativeeni süsteem“
21. XII	9	Toitlusnormid. Toiduainete toiteväärtus. Ühiskondlik toitlustamine	Loeng tabelite demonstreerimisega	Toidu (taimse ja loomse) koostise tabel
23. XII	10	Teema kordamine	Klassi küsitlemine	Mikroskoobid. Mikroskoobilised preparaadid. Märgpreparaadid. Tabelid

mis tunnis kavatsetakse korraldada, peab enne õpetaja poolt läbi proovitud olema kuni tema korraldamise tehnika täieliku valdamiseni. Sedasama tuleb tähendada aparaatide ja muude abinõude kohta. Ilma ettevalmistava proovimiseta võivad isegi kõige elementaarsemad katsed tunnis sageli ebaõnnestuda. Põhjuseks on katse protsessis mõne „pisiasja" arvestamata jätmine.

Elektrivoolu abil teostatavate katsete puhul peab enne kontrollima, kas elemendid töötavad, kas traadid, lülitid ja elektroodid on korras. Katsete jaoks tarvitatavaid gaasiga töötavaid seadeldisi ja aparaate kontrollitakse gaasi läbitungimatuse suhtes. Seadeldiste puhul, mille osi ühendatakse pikkade kummitoru lõikudega, tuleb tingimata kontrollida, kas torud pole ummistunud või kahekorra murdunud. Niisama tähelepanelikult kontrollitakse ka kraane. Katseid tehakse klassis alati samade reaktiividega, millega teostati katsete ettevalmistav kontroll.

Tundi ette valmistades ei tohi piirduda ainuüksi katsete ja seadiste kontrollimisega. Tuleb läbi mõelda, kuidas töövahendid katsete demonstreerimiseks õpetajalauale paigutada. On tähtis, et seadised ja aparaadid asetseksid demonstreerimislaual nii, et nad oleksid kõigis oma osades õpilastele nähtavad. Enne demonstreerimist eemaldatakse laualt kõik liigne, kõik vajalik peab aga käepärast olema.

Kui kavatsetakse teostada laboratoorset tööd, siis peab ka siin küsimuse ses suhtes hoolikalt läbi mõtlema, milliseid töövahendeid ja millises valikus neid õpilaste laudadele jagada, kuidas organiseerida töövahendite säilitamist, väljaandmist ja ärakoristamist. Looduslikud objektid tuleb muretseda aegsasti. Väljajagatava materjaliga töötamise puhul tuleb hankida lapid või käterätikud käte pühkimiseks. Formaliinis säilitatud materjal peab hoolikalt pestud olema.

Ühes katsete jaoks vajalike töövahenditega tuleb välja valida ka vastavad tabelid, mulaažid, pildid ja portreed ning märkida, kuhu ja millises järjekorras neid üles riputada ja välja panna. Kui koolis vajalikke tabeleid ei ole, siis tuleb need oma jõududega valmistada.

Suurt abi võib osutada tunnis kasutatavate töövahendite nimestik. Säärase nimestiku järgi on tunniks vajalikke töövahendeid kerge kokku koguda ja nende olemasolu kontrollida.

Töö õpilaste aktiiviga. Ettevalmistus tunniks on seotud organiseerimise ja tehnilise tööga, nagu materjali hankimine, aparaatide kontrollimine, üksikute kogumite komplekteerimine jne. Seda liiki tööde jaoks tuleb „laborantidena" kaasa tõmmata bioloogiast kõige rohkem huvitatud õpilaste aktiiv. „Laborantide" koosseis komplekteeritakse vabatahtlikkuse alusel. Tavaliselt suhtuvad õpilased oma kohustustesse suure huvi ja vastutustundega. Töö õige organiseerimise korral võivad säärased „laborandid" õpetajale suurt abi pakkuda mitte ainult demonstratsioonide ja laboratoorsete tööde ettevalmistamisel, vaid ka nende läbiviimisel.

Tunni plaani ja konspekti koostamine. Tundi läbi mõeldes tuleb tema läbiviimine võimalikult täpselt planeerida. Seejuures arvestatakse aega, mis kulub õpilaste küsitlemiseks läbivõetud materjali alal, koduste ülesannete kontrollimiseks, uue materjali seletamiseks ja uute koduste ülesannete andmiseks. Tund jaotatakse näiteks järgmiselt: 1) läbivõetud aine kontrollimine (15 min.), 2) uue materjali seletamine (20—25 min.), 3) uute teadmiste ja oskuste kinnistamine ning koduste ülesannete andmine (5—10 min.) [1].

[1] Endastmõistetavalt tuleb siin toodud ajajaotust võtta kui ligikaudset. Tunni sisust olenevalt võib igaühele neist momentidest kuluda rohkem või vähem aega.

Muidugi ei koostata iga tundi ühe ja sellesama skeemi järgi. Kui õpetaja on juba veendunud, et õpilased on eelmise materjali omandanud, siis võib ta tundi otse uue materjali seletamisega alustada. Vahel tuleb aga läbivõetud aine kordamiseks terve tund kulutada.

Pärast seda kui plaan on tehtud, koostatakse tunni konspekt. Uue materjali seletamise konspekteerimisel paigutatakse materjal selles järjestuses, nagu teda kavatsetakse tunnis esitada. Materjal, mis õpilased peavad üles tähendama oma vihikuisse, tuleb formuleerida ja konspekti kirjutada. Selle üleskirjutuse dikteeribki õpetaja õpilastele. Kui tunni käigu jooksul kavatsetakse klassitahvlile teha skemaatilisi jooniseid, siis tuleb nende jooniste tegemist enne harjutada. Visandid võib joonistada konspekti vastavaile kohtadele. Seoses tunnis antud teadmiste kinnistamisega tuleb õpilaste jaoks formuleerida rida küsimusi. Neis küsimustes on tarvis uuest materjalist puudutada kõige olulisemat. Tunni konspektis nähakse ette ka kodune ülesanne. Päevikusse kirjutamiseks tuleb selle ülesande formuleering läbi mõelda. Formuleering peab olema maksimaalselt selge ja lühike.

2. Küsitlemine ja koduste ülesannete kontrollimine tunnis.

Tund algab tavaliselt jooksva arvestuse tegemisega. Jooksvat arvestust tuleb vaadelda kui kontrollimist ja üht teadmiste kinnistamise vormi. See teostatakse õpilaste küsitlemise ja nende vihikute järgi koduste ülesannete kontrollimise näol.

Küsitlemine. Kooli kogemused näitavad, et küsitlemisel on kõige raskemaks momendiks õpilaste individuaalse

küsitlemise kooskõlastamine kogu klassi tööga. Väga sageli võib tähele panna, et õpetaja pühendab küsitlemise ajal kogu tähelepanu vastajale, unustades teised õpilased. Viimased, iseendi hoolde jäetud, lakkavad osa võtmast üldisest tööst. Vastamiseks kutsutakse üks õpilastest välja. Teised peavad vastust tähelepanelikult jälgima. Õpetaja peab õpilastelt nõudma täielikku ja täpset vastust. Ei ole otstarbekohane õpilast märkustega katkestada, isegi mitte sel juhul, kui ta andis mitte päris õige vastuse. Niisuguse vastamise lõpul kutsub õpetaja välja teised õpilased ja laseb neil seltsimehe vastuse suhtes täiendusi ja parandusi teha. Kui teised õpilased ei oska tehtud viga parandada, siis peab seda õpetaja ise tegema. Säärane küsitlemise kord sunnib kogu klassi väljakutsutud õpilase vastuse suhtes tähelepanelik olema. Õpetaja on kohustatud hoolega jälgima, et ükski vastuse puhul tehtud viga ei jääks parandamata.

Küsitlemisel tuleb erilist tähelepanu osutada küsimuste formuleerimisele. Need peavad olema selged ja lühikesed. Küsimustes tuleb puudutada läbivõetud materjali põhielemente, näiteks: „Jutusta ja näita tabelil, kuidas on ehitatud hingamiselundid", „Jutusta, missugused muutused toimuvad toiduga seede-elundeis kuni imendumise momendini", „Jutusta ja näita tabelil, kuidas teostub inimese vereringe", jne. Õpilase vastamine peab toimuma seotud jutustuse näol. Üksikasjalisemaid küsimusi esitatakse sel juhul, kui õpilane jättis oma vastuses olulised detailid nimetamata.

Kontrollides, kuidas läbivõetud materjal on omandatud, ei tule mitte ainult piirduda nõudmisega, et osataks ühest või teisest küsimusest jutustada. Peab ka kontrollima, kas õpilasel on õige kujutlus mitmesuguste elundite ehitusest. Selleks tuleb õpilastelt nõuda ühtede või teiste elundite skemaatiliste jooniste tegemist klassitahv-

lile. Nende jooniste kontrollimisele tõmmatakse pärast kaasa kogu klass. Tuleb samuti praktiseerida õpilaste oskuse kontrollimist õpitud mikroskoobiliste preparaatide abil: õpilasel lastakse kindlaks teha, missugune preparaat on mikroskoobi alla pandud, ja see tahvlile joonistada. Viimast tehakse eesmärgiga, et teised õpilased saaksid joonise järgi kontrollida, kas vastus oli õige.

Küsitlemisel kontrollitakse samuti, kas õpilased oskavad preparaadil, mulaažil, mudelil, tabelil ühe või teise elundi ehituse nõutavat detaili leida.

Läbivõetud materjali omandamise kontrollimiseks, samuti uuest materjalist arusaamiseks vajalike teadmiste värskendamiseks on küllalt kolme-nelja õpilase väljakutsumisest. Küsitlemisel on otstarbekohane alguses välja kutsuda tugevam ja siis nõrgem õpilane. Raskema materjali omandamise kontrollimiseks on kasulik ühe ja sellesama küsimuse puhul välja kutsuda kaks-kolm õpilast, et selgitada, kuidas materjal on omandatud tugeva, keskmise ja nõrga õpilase poolt.

Õpilaste vihikute kontrollimine. Õpilaste vihikuisse tehtud koduste ülesannete kontrollimist ei ole alati võimalik tunni ajal teostada. Tunnis on säärane kontrollimine otstarbekohane ainult sel juhul, kui kodune ülesanne seisis lihtsa skemaatilise joonise tegemises. Selliste koduste tööde kontrollimine, nagu arvutusülesannete lahendamine, diagrammide, skeemide, tabelite ja muu säärase koostamine, nõuab rohkem aega ja seda peab toimetama väljaspool tundi. Vihikute läbivaatamisel tunnis peab õpetaja igale õpilasele tähendama, kas ta loeb ülesande täidetuks. Õpilaste vihikuisse tehtud jooniste kontrollimine on väärtuslik selles suhtes, et see võtab vähe aega (4—6 min.) ja annab ühtlasi kujutluse kogu klassi tööst tervikuna ning iga õpilase kohta üksikult.

3. Uue materjali esitamine tunnis.

Uue materjali esitamist võib teostada nii loengu kujul kui ka loengulise vestluse näol. Teisel juhul ei seleta õpetaja mitte ainult ise, vaid tõmbab materjali arutlemisele kaasa ka õpilased. Ta esitab küsimusi, laseb varem läbivõetud materjali meelde tuletada, teeb tahvlile vajalikke jooniseid jne.

Elustades loengut aktiviseerib vestlus õpilaste tähelepanu. Peale selle annab see õpetajale võimaluse seletamisprotsessi jooksul selgitada, kas õpilased esitatavast materjalist ka aru saavad. Endastmõistetavalt peavad seletusega kaasnema katsete, looduslike objektide, tabelite ja mulaažide demonstratsioonid, joonistused tahvlil jne.

Olenemata sellest, missugust esitamisviisi õpetaja ühel või teisel juhul kasutab, peab materjali esitamise kord olema selline, et see aitaks õpilasi järk-järgult mõistetest selgelt aru saada ja neid täpselt formuleerida.

Iga seletusvõtte puhul tuleb kindlasti vältida puhtdogmaatilist esitamisviisi, mis seisab valmis, stereotüüpsete, olgugi näidetega illustreeritud formuleeringute andmises. Tavaliselt püüavad õpilased sääraste formuleeringute olemusse vähe süveneda. Nad tuubivad need pähe ja peavad õpetaja poolt nende illustreerimiseks toodud faktidest ühe või kaks meeles. Uute faktide puhul, konkreetsete nähtuste seletamiseks nad ei suuda neid formuleeringuid kasutada. Ainult mitmesuguste didaktiliste võtete ühendamine võib seletuse teha mõtestatuks. Iga liiki demonstratsioonide, katsete, iseseisvate tööde rakendamine muudab tunni täisväärtuslikuks.

Looduslike objektide demonstreerimine. Õpitavate elundite ehituse kujutluste konkretiseerimises etendab looduslike objektide rakendamine seletuse juu-

res suurt osa. Tuleb püüda, et iga õpitavat elundit — luustikku, südant, kopse, magu, aju jne. — demonstreeritaks loomulikuna. Objekte võib demonstreerida värskelt või ka preparaatide näol. Seda tuleb teha nii, et nad oleksid nähtavad kogu klassile. Ei tule aga piirduda ainuüksi kaugelt näitamisega. Objekti peab klassis ringi kandma, et õpilased võiksid vaadelda tema ehituse üksikasju. Kõige parem on säärast ringkäiku teostada ajal, mil õpilased joonistavad või teevad mingit muud, seletusega seoses olevat tööd. Vajaduse korral tuleb demonstratsiooni täiendada õpilaste iseseisva tööga kättejagatava materjali varal.

Katsete demonstreerimine. Füsioloogiline eksperiment kergendab õpilastel tunduvalt keerukaist füsioloogilistest protsessidest arusaamist. Seepärast peab füsioloogiliste katsete demonstreerimine omama seletamisel tähtsat kohta. Enne katse demonstreerimist tuleb selgitada tema ülesanded ja tutvustada tarvitatavate seadeldiste ning aparaatide ehitust. Aparatuuri tutvustamist on kasulik teostada kas aparaati kujutava instruktiivse tabeli või skemaatilise joonise abil klassitahvlil. Aparaadid või seadeldised peavad olema demonstreerimislauale paigutatud nii, et nad oleksid õpilastele kõigis oma osades nähtavad.

Katse demonstreerimist saadab seletus. Siis saab vaadeldavate nähtuste põhjuslik seos õpilastele selgeks. Kui demonstreeritav aparaat on väike ja õpilastele halvasti näha, siis peab sellega enne ja pärast katset klassis ringi käima, et kõik õpilased võiksid katse tulemusi lähemalt vaadelda. Juhul, kui seadeldist mingisugustel põhjustel klassis ringi kanda ei saa, tuleb õpilased väikeste rühmadena demonstreerimislaua juurde välja kutsuda. Teistele õpilastele võib selleks ajaks tunniga seotud iseseisva töö anda.

Pärast demonstreerimist tähendatakse katse tulemused skemaatiliste jooniste ja lühikeste kokkuvõtete näol vihikuisse.

Tabelite demonstreerimine. Tabeleid kasutab õpetaja peaaegu igas tunnis. Ühtedel juhtudel täiendavad nad looduslike objektide demonstreerimist, võimaldades näidata nende ehituse selliseid detaile, mida on raske või võimatu objektil endal näidata. Teistel juhtudel, nagu näiteks lümfisüsteemi või vegetatiivse närvisüsteemi tundmaõppimisel, on tabelid tänapäeval näitlike õppeabinõude ainsaks tüübiks, mida kasutades võib lastele õpitavaist objektidest kujutluse anda. Tabeli abil on kergem anda kujutlust elundite ehitusest, nende omavahelisest paigutusest kogu organismis.

Histoloogilisi tabeleid võib demonstreerida nii enne kui ka pärast mikroskoobiliste preparaatide vaatlemist. Esimesel juhul toimub demonstreerimine õpilaste ettevalmistamise eesmärgil teadlikuks preparaadi vaatlemiseks, teisel juhul selleks, et kontrollida, kas õpilased on vaadeldud preparaatidest õieti aru saanud.

Füsioloogiliste protsessidega tutvumisel pakuvad tabelid olulist abi, võimaldades õpilastel protsesse selgesti kujutella. Näiteks kergendab refleksikaare, tingitud refleksi kaare, vegetatiivse ja kesknärvisüsteemi jne. skemaatiliste kujutiste demonstreerimine tunduvalt arusaamist teedest, mida mööda teostub protsesside neuraalne regulatsioon.

Instruktiivsed tabelid kergendavad tutvumist katsete korraldamisel kasutatavate aparaatide ja seadeldistega.

Demonstreerimise ajaks on tarvis tabelid nii üles riputada, et kõik õpilased neid selgesti näeksid. Osutuskepi tarvitamisel tuleb ruttamata ja täpselt ühe või teise elundi piire näidata ning kontrollida, kas demonstreeritavad objektid on kõigile nähtavad.

4. Õpilaste iseseisev töö tunnis.

Materjali süstemaatilise ja järjepärase esitamisviisi kõrval, millega kaasneb õppeabinõude demonstreerimine, on õpetaja kohustatud suurt tähelepanu pühendama ka õpilaste iseseisva laboratoorse töö organiseerimisele. Iseseisev töö mitte ainult ei avarda ega süvenda õpilaste teadmisi, vaid aitab kaasa ka eksperimenteerimisoskuse väljaarendamisele. Õpilaste iseseisev töö peab tunni sisu ja käiguga orgaanilises seoses olema. Õpilaste iseseisva töö elemente võib leiduda ühel või teisel kujul peaaegu igas tunnis. Iseseisvate tööde edukas täitmine oleneb saadud instruktsiooni täielikkusest. Instrueerimisel antakse seletus järgmistele küsimustele: 1) millise eesmärgiga toimub praktiline töö, 2) selle teostamise plaan ja 3) missuguste vahenditega tuleb tööd sooritada.

Õpilaste instrueerimine võib toimuda mitmesuguselt. Ühtedel juhtudel annab õpetaja pärast suulisi üldjuhendeid õpilastele kätte kirjaliku instruktsiooni, teistel juhtudel kirjutab ta pärast suulisi näpunäiteid töö sooritamise järjekorra tahvlile. Lihtsama töö puhul võib piirduda ainuüksi suulise instruktsiooniga.

Iseseisev töö võib toimuda frontaalselt. Seejuures sooritab klass töö ühel ajal, kusjuures iga etapp toimub õpetaja käsu järgi. Kuid iseseisvat tööd võib organiseerida ka teisiti: õpilastele antakse täieline kirjalik või suuline instruktsioon, mille järel nad sooritavad töö juba iseseisvalt kas 3—4-liikmeliste rühmadena või üksikult.

Niisuguste laboratoorsete tööde puhul jälgib õpetaja tähelepanelikult õpilaste tööd: aitab neid vastavate näpunäidete ja seletustega, valvab korra järele, säilitades seejuures kogu klassi töö üldise juhtimise. Iseseisva töö organiseerimise üks või teine kuju oleneb õpilaste ise-

seisvalt töötamise harjumustest, tunnis käsutada olevast ajast, töövahendeist ja muudest tingimustest.

Õpilaste iseseisvad tööd võivad olla mitut tüüpi.

Töö kättejagatava materjaliga. Töö looduslike objektidega, nn. kättejagatava materjaliga, on anatoomia õppimisel õpilaste iseseisva töö kõige sagedasem kuju. Kättejagatava materjalina kasutatakse loomade mitmesuguseid elundeid, näiteks selgroolülisid, luude läbilõikusid, südant, magu, soolelõikusid, neerusid jne.

Seda liiki tööde eesmärgiks on konkretiseerida õpilaste kujutlusi elundite ehitusest. Töö kättejagatava materjaliga sooritatakse tavaliselt pärast seletust. Õpetaja peab kättejagatavat materjali omama küllaldasel hulgal, et iga õpilane saaks tööst aktiivselt osa võtta. Samuti on õpilastele tarvis vajalikul määral kätte anda ka prepareerimistarvete komplekte.

Pärast kättejagatava materjaliga töötamise lõpetamist kontrollib õpetaja küsitlemise teel, kas õpilased töös õieti orienteerusid. Töö tulemused peavad õpilased vastavate allkirjadega varustatud jooniste kujul vihikuisse tähendama.

Katsete korraldamine. Võimalus üht või teist füsioloogilist nähtust lihtsa, õpilaste endi poolt korraldatud katse teel jälgida kergendab neil tunduvalt füsioloogiliste protsesside mõistmist. Muidugi on seda liiki iseseisev töö ka üheks tunni elemendiks. See võib õpetaja seletusele eelneda, võib seletuse käiku lülitatud olla, võib aga jääda ka seletust lõpetavaks momendiks. Käesoleva metoodika igas üksikuid teemasid käsitlevas peatükis juhitaksegi tähelepanu sellele, missuguseid katseid võib teostada laboratoorsete töödena. Nende organiseerimisel tuleb arvestada ülalesitatud üldjuhendeid.

Preparaatide vaatlemine mikroskoobi all. Preparaatide vaatlemist mikroskoobi all võib samuti pidada üheks õpi-

laste iseseisva töö liigiks. Selle töö edukus oleneb tunduval määral eelnevast ettevalmistusest. Õpetaja peab kõigepealt suure täpsusega suhtuma preparaatide valikusse endasse. Ei ole mitte alati otstarbekohane kasutada valmilt ostetud preparaate, sest need ei ole vahel X klassi õpilastele arusaadavad, olles arvestatud kõrgemaile õppeasutistele. Sobivate ostetavate preparaatide puudumisel tuleb hoolitseda endatehtute valmistamise eest. Mõnedel juhtudel on neil metoodilisest vaatepunktist isegi mitmeid eeliseid. Nende valmistamistehnika kohta on metoodika vastavais peatükkides antud juhendid. Iga preparaadi eksemplaride hulk peab vastama mikroskoopide arvule. Suurt kasu võivad tuua osutiga okulaarid (lk. 84). Need kergendavad õpilastele tunduval määral preparaatides tähtsaimate detailide leidmist. Väga soovitav on omada ka värvilisi tabeleid neist preparaatidest, mida õpilastele demonstreeritakse. Neid tabeleid kasutab õpetaja enne preparaatide vaatlemisele asumist õpilaste instrueerimiseks. Suurt abi pakuvad samuti vajalike pealkirjadega varustatud väikesed joonised preparaatidest [1]. Need pannakse mikroskoobi kõrvale. Kasutades neid, kontrollivad õpilased, kas nad on preparaadis ka kõike vaadelnud.

Kõige soovitavam on mikroskoobiliste preparaatide vaatlemiseks omada kolme mikroskoopi. Paigutades neile ühesugused preparaadid, võib õpetaja korraga mikroskoopide juurde kutsuda kolm õpilast. Säärasel juhul ei võta preparaatide vaatlemine palju aega. Aga ka kahe või isegi ühe mikroskoobi omamisel ei tohi

[1] On küllaldane, kui neil joonistel märkida ainult peaosad, mis on vajalikud üldiseks orienteerumiseks mikroskoobi all avanevas pildis, seadmata endale eesmärgiks seda pilti täielikult edasi anda.

mikroskoobiliste preparaatide demonstreerimisest mingil juhul loobuda; sellistel tingimustel tuleb selleks ainult pisut rohkem aega eraldada.

Väga raske on küsimus, millega tuleb seni teiste õpilaste aega täita, kui osa neist järgemööda preparaati vaatleb.

Nagu koolikogemused näitavad, on kõige otstarbekohasem samaaegne töötamine kättejagatud materjaliga või siis tabelilt või klassitahvlilt õpetaja poolt tunni jooksul läbivõetud elundite ehituse tähtsaimate detailide mahajoonistamine. Näiteks lastakse õpilastel neeru mikroskoopilise ehitusega tutvumisel tabelilt (joon. 77) Malpighi kehakest ja Bowman'i kapslit kujutav skeem üles joonistada. Närviraku vaatlemisel lastakse õpilastel kättejagatud närvilõigud narmaiks näpsida ja närvi struktuur üles joonistada. Siin võib samuti selja- ja peaaju lõike välja jagada. Õpilased peavad neid vaatlema ja aju valge- ning hallolluse paigutuse üles joonistama. Mikroskoobiliste preparaatide vaatlemist ei tohi ühendada küsitlemise või täiendavate seletustega — see desorganiseerib klassi tööd. Klassi töö korrapäraseks organiseerimiseks mikroskoobiliste preparaatide demonstreerimise ajal peab õpetaja iga tunni jaoks kõik vajaliku aegsasti läbi mõtlema ja ette valmistama.

Olles mikroskoopide läheduses, kontrollib õpetaja mikroskoobiliste preparaatide vaatlemise ajal, kas õpilastele kõik on arusaadav, ja aitab vajaduse korral mikroskoobilises pildis orienteeruda. Mõne vaadeldud preparaadi võivad õpilased oma vihikuisse joonistada. Õpetaja kontrollib, kas õpilased tegid joonise õieti, kas neile preparaadi struktuuris kõik on selge.

5. Kodused ülesanded.

Tunni lõpust tuleb eraldada aeg (3—5 min.) koduse ülesande seletamiseks. Selle ülesande peavad õpilased tingimata oma vihikuisse kirjutama.

Õieti seletatud kodune ülesanne aitab kaasa läbivõetud materjali kinnistamiseks õpilaste mälus, annab oskusi iseseisvaks tööks, õpetab koolist saadud teadmisi rakendama praktiliste ülesannete lahendamiseks. Ülesanded tuleb koostada niiviisi, et õpilane peaks nende sooritamisel mõtlema kogu oma teadmiste tagavara kaasa tõmmates. Kõik see nõuab õpetajalt tõsist suhtumist niihästi koduste ülesannete valikusse kui ka nende ülesannete kohta antavasse instruktsioonisse. Õpilastel peab selge olema, kuidas neil tuleb oma kodust tööd teha. Koduste ülesannete iseloom võib olla kõige mitmekesisem.

Töö õpikuga. Tööst õpikuga oli juttu juba eespool (lk. 34). Siin võib lisada, et õpetaja ei tohi piirduda ainult paragrahvi näitamisega, nagu seda koolipraktikas sageli võib täheldada.

Õpilastele peab näitama, et ladusale jutustamisele valmistudes tuleb neil erilist tähelepanu pöörata teatavaile küsimustele, et neil on tarvis tähelepanelikult vaadelda teatavat joonist, kuni nad oskavad seda järgi joonistada, samuti et nad õpiksid uusi termineid õieti hääldama ja kirjutama.

Õpilastelt tuleb nõuda, et ühest või teisest küsimusest jutustades nad tooksid näiteid mitte ainult õpikust. Tunniks valmistudes peavad nad uusi näiteid läbi mõtlema ja ette valmistama. Nii lastakse ülesannetena üksikuiks tundideks teema puhul „Närvisüsteem" näiteid tuua tingitud refleksidest ning instinktiivsete liigutuste avaldumisest looma ja inimese juures, reflekside pärssimisest jne.

Vaatlused ja endavaatlused. Üheks teadmiste kinnistamise viisiks võib olla töö, mida õpilased teostavad vaatluste korras iseendi ja oma perekonnaliikmete juures. Näiteks võib õpilastele ülesandeks teha jälgida oma pulsi sageduse muutumist päeva jooksul, alustades hommikul (ärkamise silmapilgul) ja lõpetades õhtul (enne magamajäämist). Saadud andmeist moodustatagu kõver. Võib lasta mõõta pulsi sagedust mitmes vanuses inimestel (imikuil, ennekooliealistel, kooliealistel, täiskasvanuil, raukadel). On võimalikud ka säärast laadi ülesanded: mõõda ja kirjuta üles, kuidas muutub rindkere maht normaalse ja intensiivse sissehingamise puhul; missugune on hingamisliigutuste sagedus mitmesuguses vanuses inimestel; missugune on hingamisliigutuste sagedus mitmesugustel loomadel (hiirel, rotil, meriseal, küülikul, kassil, koeral jt.) ja muud seesugused ülesanded.

Ülesanded. On väga soovitav anda õpilastele võimalus saadud teadmisi rakendada väikeste lihtsate ülesannete lahendamiseks. Nii võib teema „Hingamine" läbivõtmisel õpilastel lasta välja arvutada süsihappegaasi hulk, mida eritavad antud klassi õpilased tunni või kogu päeva jooksul, või kindlaks määrata süsihappegaasi hulk, mida inimene eritab ööpäeva jooksul; teema „Toitumine" käsitlemise lõpul võib õpilastele anda ülesandeid toiduratsioonide koostamise alalt (vt. peatükk „Toitumine") jne.

Diagrammide ja tabelite koostamine vihikuis. Diagrammide koostamine õpetajalt saadud andmete põhjal, samuti tabelite koostamine, mis üldistavad teadmisi ühe või teise küsimuse alal, etendavad teadmiste kinnistamisel väga suurt osa. Juba tabelite koostamise töö protsess ise annab õpilastele palju, sundides neid õpiku materjali juures hoolikamalt töötama. Valmis tabel aga kergendab uute teadmiste kinnistamist ja osutab suurt abi kursuse kordamisel.

Katsete korraldamine. Vahel tekivad õpilastel tunnis tehtud töö tagajärjel küsimused, millele nad võiksid ise lihtsate katsete või vaatluste abil vastused leida. Niisugustel juhtudel on otstarbekohane õpilastele valmis vastust andmata kohe juhatada, mis teel nad võiksid tekkinud küsimuse iseseisvalt lahendada. Võtame kas või sääraseid näited:

„Kas konna isoleeritud süda võib kaua tuksuda?" See küsimus tekib õpilastel sageli, kui neile konna isoleeritud südant demonstreeritakse. Sel juhul tuleb õpilastele anda katseklaas või purk vähese hulga füsioloogilise lahusega, asetada sellesse pärast tundi järelejäänud süda ning lasta jälgida, millal see lakkab tuksumast. Pärast seda tehakse ülesandeks järgmisel tunnil tulemustest jutustada.

„Kas konn, kellel puuduvad suuraju poolkerad, võib kaua elada?" Sel juhul võib õpilasele samuti tunnis demonstreeritud konna vaatlemiseks anda (vt. peatükk „Närvisüsteem").

Vahel võib huvitatud õpilastele soovitada jõukohaste katsete korraldamisega kontrollida neid teadmisi, mis nad tundides on saanud. Näiteks: „Kas keel on tõesti tipul magusa, servadel hapu ja pära juures mõru suhtes kõige tundlikum?" „Kas naha mitmesugused piirkonnad (keel, sõrmeotsad, palged, käeselg, selg jt.) omavad eri tundlikkuse-astet?" jne. Endastmõistetavalt soovitatakse siin mainitud katseid korraldada mitte kogu klassil, vaid ainult neist kõige rohkem huvitatud õpilastel. Tähendatud katseid teostada soovijaile tuleb anda põhjalikud instruktsioonid. Tehtud katsete tulemustest peavad õpilased jutustama kogu klassile.

6. Teema lõputund.

Enamiku kursuse teemade kohta määratakse kogu teema kordamiseks ja teadmiste kinnistamiseks mitte

vähem kui üks tund. Kõige sagedamini erineb säärane tund tüüpilistest tundidest selle poolest, et see korraldatakse õpilaste küsitlemise alusel. Õpetaja ülesandeks sel tunnil on kontrollida võimalikult suurema hulga õpilaste omandatud teadmiste määra ja kinnistada neid teadmisi. Osa küsimusi esitatakse niisugusel kujul, et õpilased peavad oma teadmisi uutes seostes näitama. Selliste küsimuste esitamise eesmärgiks on selgitada mitte ainult formaalseid teadmisi, vaid ka materjalist arusaamist, oskust oma teadmisi ühe või teise ülesande lahendamiseks rakendada. Eeskujuks küsimustele, mida võib õpilastele esitada teadmiste kontrollimisel „Närvisüsteemi" alal, võivad olla järgmised küsimused:

1. Kui konnal ühe päranärvi eesmised (tagumised) juured läbi lõigata, kas ta saab pärast seda vastavat koiba liigutada? Kas kaob selle koiva naha tundlikkus?

2. Peata konnal on seljaajunärvide tagumised juured, mis ühte tagumisse koiba lähevad, läbi lõigatud. Kas see koib liigub, kui eesmise koiva nahka tugevasti ärritada?

3. Kui pimeduses jooksvat kassi äkki heleda tulega valgustada, peatub ta mõneks silmapilguks. Miks?

4. Tapamajas tapetakse loomi, andes neile tugeva hoobi kukla sellele kohale, kus selgroog ühineb koljuga. Miks sureb loom sellisest hoobist silmapilkselt?

5. Kas võib loom, kellel suuraju-tüvi on ülalpool piklikku aju läbi lõigatud, seista, käia, joosta? Miks?

Teadmiste kontrollimine organiseeritakse nii, et individuaalne küsitlemine vaheldub küsimuste esitamisega kogu klassile. Näiteks õpilane on tahvli juurde kutsutud ja teda palutakse refleksikaare skeem joonistada. Kuni ta seda ülesannet täidab, lastakse klassil mõelda, milliseist konkreetseist näiteist nähtub närvisüsteemi tähtsus organismile. Küsitellakse kaht kuni kolme õpilast. Selle aja jooksul jõuab tahvli juurde kutsutud õpilane oma joonise

valmis teha. Klass tõmmatakse joonise kontrollimisele kaasa. Pärast kontrollimist lastakse ühel õpilasel mikroskoobi all preparaati vaadelda ja siis klassitahvlile joonistada. Kuni seda ülesannet täidetakse, esitatakse kogu klassile jällegi uus küsimus — tuua konkreetne näide refleksside pärssimise nähtusest. Kuulatakse ära näited kaheltkolmelt õpilaselt, siis kontrollitakse ülesande täitmist tahvli juurde kutsutud õpilase poolt. Kutsutakse välja kolmas õpilane, kel lastakse tabelit vaadata ja öelda, missugune peaaju osa on selgroogsete loomade kõigil klassidel põhiliselt ühesuguse ehitusega. Klassile esitatakse uuesti mingi küsimus jne.

Säärase organiseerimisviisi puhul toimub küsitlemine elavalt ja kogu klass võtab tööst osa.

Allpool esitame tunni stenogrammi teema kohta „Imendumine". Selle konkreetse näite puhul võib näha, kuidas õpetamise praktikas ühendatakse tunni andmisel mitmesugused töömeetodid.

7. Tunni stenogramm teema kohta „Imendumine" [1].

Õpetaja. Eelmisel korral käsitlesime küsimust, kuidas lõhustuvad toitained. Täna aga tutvume sellega, mil viisil toitainete lõhustumissaadused siirduvad seede-elundeist vereringe- ja lümfisüsteemi ja kuidas nad siis kogu kehasse laiali kantakse. Enne kui asume selle küsimusega tutvumisele, meenutame, milliseid seedekulgla põhiosi me tunneme ja mis toimub igaühes neis toitainetega, mis toidu näol on seede-elundeisse sattunud.

(Pöördub ühe õpilase poole.) Tulge tabeli juurde ja näidake seedekulgla peaosi.

1. õpilane. Toit satub suuõõnde, sealt lükatakse ta läbi neelu söögitorru, kust ta läheb makku. Maost siirdub ta toitkördi näol peensoolde. Peensoolest läheb toit jämesoolde ja viimaks pärasoole kaudu välja.

---

[1] Tund on antud I. V. Kozõr'i poolt koolis nr. 377 Moskvas Sokolnitši rajoonis.

Õpetaja. Missugustele muutustele allub toit suuõõnes?

2. õpilane. Suuõõnde sattunud toit näritakse hammastega peeneks ja ta seguneb süljega, mida nõristavad süljenäärmed. Süljenäärmete poolt eritatavas nõres leiduvate fermentide kaastoimel muundub toidu tärklis alguses linnase-, siis viinamarjasuhkruks.

Õpetaja. Kas kõik süsivesikud jõuavad toidu närimise ajal suus lõhustuda?

2. õpilane. Ei, süsivesikute lõhustumine toimub suuõõnes ainult osaliselt. See jätkub maos ja sooltes.

Õpetaja. Missugused muutused toimuvad seedekulglas toidu valkudega?

3. õpilane. Toidu valkude lõhustumine algab maos. Maomahlas sisaldub ferment pepsiin, mis lõhustabki valgud. Valkude lõhustumine lõpeb peensooles trüpsiini ja teiste fermentide kaastoimel, mis lõhustavad valgud amiinhapeteni.

Õpetaja. Millised muutused toimuvad seedekulglas toidu rasvadega?

4. õpilane. Toidu rasvad lõhustuvad peensooles. Nendesse toimib ferment, mida nõristavad kõhunääre ja soolenäärmed. Rasvad lõhustuvad glütseriiniks ja rasvhappeiks.

Õpetaja. Niisiis lõpeb toidu näol seedekulglasse sattunud toitainete lõhustumine peensooles. Süsivesikud lõhustuvad viinamarjasuhkruks, valgud amiinhappeiks. Rasvad lõhustuvad glütseriiniks ja rasvhappeiks. Need toitainete lõhustumissaadused kanduvad vere ja lümfi kaudu peensoolest inimkeha kõigisse elundeisse.

Kuidas see toimub? Selgub, et toitainete lõhustumissaaduste siirdumisprotsessis peensoolest verre ja lümfi etendavad suurt osa hatud, mis katavad peensoole seinu. Neid on väga palju. Tutvume nende ehitusega. Hatud on peensoole limaskesta kõrgendid, mis väljastpoolt on kaetud epiteelirakkudega. *(Näitab tabelil.)* Hattude sidekoes asetsevad arteriaalsed ja venoossed kapillaarid. Siin algab ka lümfisoon. Hattude lümfisooned moodustavad soole seintes ühinedes suuremaid lümfisooni, mis jätkuvad keskmeis ja siirduvad üldisse lümfivõrku. *(Näitab tabelil.)* Hatu ehitust võib hästi vaadelda mikroskoobi all. Asumegi kohe selle juurde[1]. Vaatlemisel pöörame tähelepanu epiteelirakkude kihile, mis katab hattu.

[1] Demonstreerimislaual seisavad kolm mikroskoopi hatupreparaatidega.

Mikroskoopide alla on paigutatud ühesugused preparaadid. Seepärast vaatab igaüks teist ainult ühte preparaati. Seni kui ühed preparaati vaatlevad, joonistavad teised tabelil kujutatud hatu ehituse skeemi oma vihikuisse. Joonistada tuleb skemaatiliselt, laskumata detailidesse. Teie skemaatilistel joonistel peavad kujutatud olema — epiteelirakkude kiht, arteerid, veenid ja lümfisooned. Hea oleks, kui te kodus hatu ehituse skeemi värvidega täiendaksite.

(Õpilased asuvad hatu joonistamisele ja vaatlevad ühtlasi järgemööda, kolmekaupa, hatu ehitust mikroskoobi all. Õpetaja viibib teatava aja demonstreerimislaua juures ja annab preparaate vaatlevaile õpilastele seletusi, siis aga läheb õpilaste laudade juurde, kus vaatleb jooniseid ja annab joonistamise kohta vajalikke näpunäiteid. Preparaatide vaatlemine ja joonistamine on lõppenud.)

Õ p e t a j a. Siirdugem edasisele tööle. Toitained muunduvad lõhustumise tagajärjel lihtsamaiks, lahustuvaiks ühendeiks. Toitainete lõhustumissaadused võivad läbi peensoole seina verre ja lümfi tungida.

Kuidas toimub nende ainete üleminek hattude kaudu verre ja lümfi? Selle küsimuse selgitamisel on õpetlased juba kaua aega töötanud. Lõhustumissaaduste ülemineku mõned üksikasjad on ebaselged veel tänapäevanigi, aga põhiliselt on küsimus lahendatud.

Väga ammu, küsimuse selgitamisel, kuidas toimub lõhustumissaaduste üleminek hatu seinte kaudu, oletati, et lõhustumissaadused läbivad hattusid filtratsiooni teel. Arvati, et toitkördi rõhumisest soole seintele on küllalt selleks, et sooles leiduvad toitainete lõhustumissaadused võiksid peensoolest hattudesse siirduda.

Seletus oli oma lihtsuselt ahvatlev. Kuid see ei osutunud õigeks. Selgus, et toitkördi rõhk peensooles on tunduvalt väiksem kui rõhk hattude veresoontes. Katsete teel tehti kindlaks, et toitkördi rõhk võrdub 5 mm Hg, kuna vererõhk hatu kapillaarides ulatub kuni 30—40 mm Hg.

Kui toimukski filtratsioon, siis muidugi mitte sooleõõnest hatusse, vaid pigemini hatust sooleõõnde. Teiste sõnadega, pigemini läheksid vere koostusosad üle peensoolde kui lõhustumissaadused hattudesse. Niisiis ei õigustanud see teooria ennast. Esitati teine oletus, et lõhustumissaadused tungivad hattudesse nii, nagu tungivad mineraalsoolad pinnasest taime juurtesse. VIII klassis tutvusime taimede toitumisega juurte kaudu ja tegime katseid, mis sel-

gitasid mineraalsoolade üleminekut pinnasest juurtesse. Kas mäletab teist keegi, kuidas see toimub?

5. õ p i l a n e. Seda nähtust nimetatakse osmoosiks.

Õ p e t a j a. Et meenutada osmoosi, tahan teile demonstreerida katset. Katse jaoks on võetud loomapõiest kotike. Kotike on seotud klaastoru külge. *(Näitab.)* Temasse on kallatud tanniinilahust. Nõusse kotikese all *(näitab)* on kallatud teist lahust — raudkloriidi. Vaatame, mis sünnib, kui paneme kotikese raudkloriidilahusesse. *(Laseb kotikese klaasi.)* Mis sünnib kotikesega? *(Tõstab seadeldise üles, et kõik õpilased seda näeksid.)* Kotike tumenes. Tekib küsimus, miks tumenes vedelik kotikeses. Vedelik klaasis jäi heledaks. Nähtavasti toimus vedeliku tumenemine kotikeses nende kahe aine ühinemisest. Kontrollime. Siin on kaks katseklaasi. Ühte on kallatud tanniini, teise raudkloriidi. Kallame need mõlemad vedelikud ühte. Mis toimus? Segu tumenes. Järelikult toimub vedeliku tumenemine sellepärast, et raudkloriid läheb klaasist üle kotikesse. Vedeliku tumenemist klaasis ei täheldata sellepärast, et tanniin ei tungi kotikesest klaasi.

Kile, mis eraldab kotikeses oleva vedeliku klaasi vedelikust, ei lase tanniini läbi, vaid laseb läbi ainult raudkloriidi. Sääraseid kilesid nimetatakse pool-läbilaskvaiks. Meie katse puhul toimub ühe aine üleminek teisesse pool-läbilaskva kile kaudu. Nagu meil botaanikast on teada, nimetatakse seda nähtust osmoosiks. Ained, mille kontsentratsioon on suurem, lähevad üle lahustesse, mis sisaldavad seda ainet väiksemas kontsentratsioonis.

Kas toimub lõhustumissaaduste üleminek peensoole õõnest hattudesse osmoosiseaduse alusel? Tuleb oletada, et siin on tegemist osmoosinähtusega.

Üksvahe kinnitasid õpetlased, et lõhustumissaaduste üleminek hatuõõnde toimub ainult osmoosi teel. Kuid edaspidi veenis meid terve rida õpetlaste poolt korraldatud katseid selles, et toitainete lõhustumissaaduste üleminekut hattudesse ei saa seletada ainuüksi osmoosiga. Näiteks selgus, et keedusool, leidudes peensoole õõnes vähemas kontsentratsioonis, võib tungida hattudesse ka siis, kui teda on veresoones suuremas kontsentratsioonis.

Kas võib seda seletada osmoosiga? Ei või. Tehti järgmine katse. Lahati elav koer. Isoleeriti selle koera peensoole osa kahest otsast kinnisidumise teel. Siis juhiti isoleeritud peensoolde sama koera vereseerumit. Teatava ajavahemiku järel kadus seerum isoleeritud sooleosast. Hatud imendasid selle. Hoolimata sellest, et

seerumis lahustunud ainete kontsentratsioon oli samasugune nagu koera vereplasmaski, imendus seerum siiski täielikult läbi peensoole seina.

Kas võib seda seletada sellega, et seerum läbis hatu seinad osmoosi teel? — Ei. Nagu näha, pidi olema teine põhjus, miks seerum imendus peensoole õõnest hattudesse. Niiviisi ei saanud õpetlased toitainete lõhustumissaaduste üleminekut ainult osmoosiga seletada. Imendumisprotsesside edasiseks selgitamiseks korraldati veel rida katseid. Üht neist näitan kohe.

Enne tundi korraldasime koos laborantidega säärase katse. Nülgisime konna tagumistelt koibadelt naha maha. Kummagi koiva mahanülitud nahast tegime kotikesed, sidudes need alt niidiga kinni. Ühel kotikesel jäi nahk loomulikku asendisse, aga teisel pöörasime selle pahurpidi. Mõlemad kotikesed sidusime lehtrite külge, siis pistsime lehtrid füsioloogilist lahust sisaldavaisse katseklaasidesse ja kallasime läbi lehtri neisse kotikestesse värvi — metüleensinist. Vaadake, mis sündis? *(Õpetaja läheb katseklaasidega pinkidest mööda ja demonstreerib neid õpilastele.)* Siin on katseklaas nahaga, mis pole ümber pööratud. Siin on katseklaas pahurpidi pööratud nahaga. Mille poolest erineb ühe katseklaasi vedelik teisest?

6. õpilane. Katseklaasis, kus nahk ei ole ümber pööratud, on füsioloogiline lahus värvunud, aga katseklaasis, kus nahk on ümber pööratud, on lahus värvumata.

Õpetaja. Selle katse kõrval korraldasime ka teise katse — see erineb eelmisest selle poolest, et kotikesi hoidsime enne füsioloogilisse lahusesse panemist 15 minutit piirituses. *(Näitab katseklaase õpilastele.)* Mis toimus?

7. õpilane. Värv tungis mõlemas katseklaasis läbi kotikeste seinte.

Õpetaja. Miks teise katse puhul värv läbis kotikese seina ja esimese puhul mitte?

8. õpilane. Nähtavasti mõjus piiritus; piiritus tappis elavad rakud, surnud rakud aga lasevad aine mõlemale poole läbi.

Õpetaja. Õige. Esimese katse puhul, seal, kus nahk jäi normaalsesse asendisse nagu konna kehalgi, tuli värv välja. Seal, kus nahk oli ümber pööratud, ei tulnud värv välja. Tähendab, naha elavad rakud lasevad värvi ainult ühele poole läbi, s. o. elav kude omab ühepoolset läbilaskvust.

Sellist nähtust võime täheldada ka toitainete lõhustumissaaduste läbimineku puhul hattudest. Elavaks koeks, mis võib need lõhustumissaadused ühele poole juhtida, on hattude epiteelirakkude kiht.

Niisiis seletub toitainete lõhustumissaaduste tungimine hattudesse mitte ainult osmoosi ja difusiooniga — nendega võib ülemineku seletada ainult osaliselt —, vaid ka sellega, et hatud on väljastpoolt kaetud elava koega. Need elavad rakud etendavadki peaosa toitainete lõhustumissaaduste ülemineku protsessis peensoolest hattudesse. Toitainete lõhustumissaaduste ülemineku protsessi hatuõõntesse nimetatakse imendumiseks.

Juhtiv osa neis protsessides kuulub elavatele rakkudele. Seda kinnitavad ka järgmise katse tulemused. Katse jaoks võeti kaks nõu, mille vahele tõmmati äsja loomalt väljalõigatud peensoole kile. Mõlemasse nõusse kallati ühesuguse kontsentratsiooniga keedusoolalahust. (*Teeb tahvlile skemaatilise joonise.*)

Veidi aja pärast vedeliku koostist nõudes kontrollides selgus, et keedusoola kontsentratsioon oli ühes nõus suurem kui teises. Oletame, et katse alguses võrdus soola kontsentratsioon esimeses nõus 1%-ga, pärast katset aga selgus, et kontsentratsioon oli seal langenud kuni 0,3%-ni; teises nõus oli soola kontsentratsioon tõusnud 1,7%-ni. Soola hulk vähenes selles nõus, kuhu olid suunatud hatud. Kuidas see toimus? Selgus, et peaosa vaadeldavas protsessis etendasid hatud. Keedusoola üleminekut ühest nõust teise täheldati ainult niikaua, kuni hatud olid elavad. Nende surmaga lakkas keedusoola üleminek. See katse veenab meid veel enam selles, et imendumist ei tohi käsitada mitte ainult kui füüsikalis-keemilist protsessi. Imendumine on elavate rakkude eluprotsess, teiste sõnadega — see on füsioloogiline protsess.

Toitainete lõhustumissaaduste imendumine toimub peamiselt peensooles. Nende imendumist soodustavad: 1) kauakestev kulgemine mööda peensoolt, mille pikkus ulatub 6 m-ni; 2) suur hulk kurde peensooles; 3) suur hulk peensoole sisepinnal leiduvaid hattusid. Kurrud ja hatud suurendavad tunduvalt peensoole imavat pinda.

Mööda peensoolt võib toit kulgeda 6—8 tundi. Selle aja jooksul imenduvad hattude kaudu peaaegu kõik valkude, süsivesikute ja rasvade lõhustumissaadused. Rasvade lõhustumissaadused alluvad hattude seinu läbides nende epiteelirakkudes mõningaile muundus-

tele. Teame juba, et rasvad peavad, enne kui nad organismi poolt imendatakse, olema lõhustunud glütseriiniks ja rasvhappeiks.

Rasvhapped teevad läbi teatava muundumise, nn. seebistumise. Seebistumine toimub süsihappenaatriumi mõjul, mida leidub peensoole õõnes. Pärast seda võivad glütseriin ja rasvhapete seebistumise saadused siirduda hattudesse. Sattunud hattude epiteelirakkude kihti, moodustavad rasvade lõhustumissaadused uuesti rasva, aga juba säärase rasva, mis omaduselt erineb toidus sisalduvast rasvast.

See rasv suundub keskmete lümfisoontesse ja sealt lümfi peasoonde, mis suubub ülemisse tühiveeni (õõnesveeni). Edasi liigub ta verevooluga läbi kogu keha. Süsivesikute ja valkude lõhustumissaadused imenduvad samuti hattude abil. Edasistest muundustest, milledele imendunud ained organismis alluvad, kõneleme järgmises tunnis. Imendumine ei piirdu peensoole õõnega. Nõrgal kujul toimub imendumine juba suuõõnes. Pisut suuremal määral täheldatakse seda maoõõnes. Sealt imenduvad näiteks vesi, soolad ja alkohol. Vähest imendumist täheldatakse ka jämesooles. Seda kasutavad arstid, hoides alal nende inimeste elu, keda ühel või teisel põhjusel ei saa suu kaudu toita. Siis tehakse haigele päraku kaudu nn. toiteklistiiri. See sisaldab kergesti seeduvaid aineid, mis ei vaja lõhustumist. Kuid pikalt on inimese elu toiteklistiiride abil raske säilitada.

Kordame läbivõetut. Ütelge, millises seedekulgla osas toimub toitainete lõhustumissaaduste imendumine?

9. õpilane. Imendumine toimub peamiselt peensooles. Sellest toitkördist, mis läbib seda soolt, satuvad toitained hattude kaudu inimese verre ja lümfi.

Õpetaja. Minge tabeli juurde ja jutustage, mida mäletate hattude ehitusest.

10. õpilane. Hatt kujutab endast kõrgendit, mille pind on kaetud epiteelirakkude kihiga. Hatu tsentrumit läbivad vere- ja lümfisooned.

Õpetaja. Milliste katsetega tehti kindlaks, et imendumisprotsessi ei saa seletada ainult osmoosinähtusega?

11. õpilane. Imendumist ei saa seletada ainult osmoosiga. Kui näiteks elava looma sool kahelt poolt kinni siduda ja siis sinna vereseerumit kallata, siis seerum kaob, s. o. imendub mõne aja pärast. Näis, nagu ei oleks seerum pidanud imenduma, sest ta erineb vereplasmast vähe.

Õpetaja. Tooge veel näide.

12. õpilane. Õpetlased võtsid kaks nõu. Mõlemasse nõusse kallasid nad 1%-list keedusoolalahust ja panid lahuste vahele kile — tüki soole elavast koest, mille hatud olid suunatud ainult ühte nõusse. Sellest nõust hakkas 1%-line keedusoolalahus teise üle minema. Osmoosi puhul ei oleks seda juhtunud, sest mõlema lahuse kontsentratsioon oli ühesugune. On selge, et selles üleminekus etendavad teatavat osa hattude elavad rakud. Imendumine on füsioloogiline protsess, mis teostub elavate rakkude abil.

Õpetaja. Täiesti õige. Sellega lõpetame tunni. Järgmiseks korraks lugege õpikust läbi §-s 26, lk. 109 leiduv materjal. Vihikuisse on teil joonistatud hatu ehituse skeem ja katse, mis näitab konna elava naha ühepoolset läbilaskvust.

VI. SISSEJUHATAV TEEMA.

Teema koht ja tähtsus.

Teema „Sissejuhatus" on inimese anatoomia ja füsioloogia sissejuhatavaks tunniks. Sissejuhataval tunnil on erakordselt suur tähtsus kogu edasisele tööle. Selged ja värviküllased muljed esimesest tunnist jäävad kauaks õpilaste mällu. Seepärast tuleb sissejuhatav tund koostada nii, et õpilastes tärkaks uue aine vastu huvi.

Sissejuhatava tunni läbiviimisel peab õpetaja silmas pidama järgmisi ülesandeid.

1. Andma määrangu teadustele — inimese anatoomiale ja füsioloogiale, näitama nende põhilisi eesmärke ning ülesandeid ja nende teaduste omavahelist seost.

2. Kindlaks määrama uue kursuse koha ja tema seose varem õpitud bioloogia-osadega, samuti aga ka järgneva evolutsiooniõpetuse kursusega.

3. Andma inimese anatoomia ja füsioloogia lühikese ajaloolise ülevaate. Tutvustama õpilasi mõningate saavutustega nende teaduste alal.

Mida õpilased peavad omandama. *1. Teadmised üldbioloogia alalt.* Anatoomia ja füsioloogia mõiste, nende sisu ja ülesanded. Organism ja tema elufunktsioonid. Seos organismi ehituse ja tema elufunktsioonide vahel. Anatoomia ja füsioloogia omavaheline seos. Meetodid, mida anatoomia ja füsioloogia tarvitavad inimese ja loomade keha uurimisel. Piirid, milledes võib loomade uurimisel saadud katsetulemusi üle kanda inimesele.

2. *Teadmised loodusteaduse ajaloo alalt.* Elementaarsed teadmised anatoomia ja füsioloogia arenemise ajaloost: Hippokrates'e, Galenos'e, Vesalius'e ja Harvey osa anatoomilis-füsioloogiliste teadmiste arenemises. Usu pidurdav osa anatoomia ja füsioloogia arenemises. Ebausu ja eelarvamuste kahju. Mõnede anatoomia ja füsioloogia küsimuste (vereringe, toitumise jne. alalt) tänapäeva seis näidete varal.

Metoodilisi juhendeid.

Tunni algusest või lõpust eraldab õpetaja teatava osa aega (5—10 min.) organisatsioonilist laadi küsimustele: tööplaani teatamiseks, juhendeiks, kuidas õpikut kasutada, vihikuid pidada jne.

Sissejuhatav tund toimub jutustuse kujul. Õpilastele tuleb kõigepealt selgitada anatoomia ja füsioloogia põhimisi ülesandeid ning anda nende teaduste täpne määrang. Lihtsate ja konkreetsete näidete abil selgitatakse vastastikust seost organismi ehituse ja temas toimuvate eluprotsesside vahel. Õpetaja enda toodud näidete kõrval peab laskma näiteid tuua ka õpilastel nende poolt varem (IV ja VII klassis) omandatud anatoomilis-füsioloogiliste teadmiste alusel.

Seesuguste näidete varal võib õpetaja tähelepanu juhtida vastastikusele sõltuvusele lindude hingamiselundite ehituse ja nende eluviisi vahel, iseärasustele, mis on tingitud mäletsejate ja kiskjate loomade mao ehitusest ning nende toitumisest jne. Seda sõltuvust võib ka illustreerida inimese puhul, aga toodavad näited peavad õpilastele arusaadavad olema, sest nende anatoomilis-füsioloogilised teadmised on väga piiratud.

Näidete käsitlemise tulemusena konstateeritakse, et anatoomiat ja füsioloogiat tuleb õppida lahutamatus seoses.

Tehakse kindlaks seos uue kursuse ja eelnenud bioloogiaõpingute vahel. Peab märkima, et alguses õpiti taimede ehitust ja elu, siis loomade maailma. Zooloogia kursuses määrati kindlaks ka inimese koht looduses. Nüüd tuleb õpilastel asuda inimese anatoomia ja füsioloogia õppimisele ning siit omandatud teadmiste põhjal siirduda XI klassis inimese päritolu küsimuste käsitlemisele.

Konkreetsete näidete varal selgitatakse õpilastele inimese anatoomia ja füsioloogia tundmise vajadust, et isikliku ja ühiskondliku tervishoiu määrusi teadlikult täita ja nende määruste propagandat ka ligikondsete hulgas arendada. Samuti tõendatakse konkreetsete näidete abil vajadust omaenda keha tunda, et õieti organiseerida tööd ja puhkust ning ratsionaalselt kasutada füüsilise kultuuri võtteid.

Tunni peamiseks sisuks on anatoomia ja füsioloogia arenemise ajalooline ülevaade. Küsimust peab valgustama selgete konkreetsete näidete varal, esitades ühtlasi meetodeid, mille abil omandati teadmisi inimese keha ehitusest ja elust. Tuleb rõhutada, et usk on inimest käsitleva teaduse arenemist kõigil aegadel pidurdanud, ja anda ülevaade füsioloogia mõnede uuemate saavutuste kohta, mis avavad ahvatlevaid perspektiive inimvõimu avardamisele organismis toimuvate eluprotsesside suhtes.

Ajaloolises ülevaates peab ära kasutama materjali, mis on antud stabiilse õpiku osas „Sissejuhatus". Seda võib aga ka allpool toodud faktilise materjaliga täiendada.

Ajaloolises ülevaates pole vajadust peatuda suurel hulgal nimedel, aastaarvudel ja faktidel. Need koormaksid asjatult õpilaste mälu. Lühikestele ajaloolistele ülevaadetele tuleb ka edaspidi tagasi pöörduda. Hiljem on ühtede või teiste avastuste tähtsus õpilastele arusaadavam, kuna nad on selleks ajaks omandanud ka vajaliku faktilise

materjali. Ajaloolisele ülevaatele tuleb tunnist eraldada mitte üle 15—20 minuti. Endastmõistetavalt saab selle lühikese aja jooksul valgustada ainult mõningaid anatoomia ja füsioloogia arenemisperioode. Ülevaate puhul on otstarbekohasem lähemalt peatuda teaduste arenemise varajastel etappidel. Siin on erakordselt palju materjali, mis on väärtuslik mitte ainult hariduse, vaid ka kasvatuse mõttes. Selle materjali varal võib küllalt selgesti valgustada usu pidurdavat osa teaduse arenemises. Kõige uuemad saavutused aga näitavad, kuivõrd inimese võim looduse suhtes on laienenud.

Kõneldes anatoomilis-füsioloogiliste teadmiste arenemisest vanaajal, võib märkida, et juba eelajaloolisel ajal koguti inimese organismi ehituse ja elu kohta primitiivseid teadmisi. Need teadmised saadi tähele pannes mitmesuguste taimede, vee, sooja ja külma, verekaotuse ning muude mõjude toimet organismisse. Et teadmised olid väga puudulikud, siis püüti haiguste tekkepõhjusi seletada vaimude, deemonite mõjuga, kes oleksid nagu mingite tundmatute teede kaudu inimese kehasse tunginud. Sellest siis ka tuli, et tolleaegsete arstide ülesandeks peeti inimkehast vaimude väljaajamise kunsti. Samal põhjusel olid väga kaua aega preestrid ja posijad ka arstideks.

Laipade lahkamist ja ühes sellega anatoomiliste teadmiste kogumist takistas pika aja kestel ebausk, et laibad on „roojased", või siis, et nendesse tuleb kunagi elu tagasi.

Kõigi rahvaste usundid õpetavad, et inimese keha olevat hinge asupaik. Surnud inimese hing pidavat kunagi kehasse tagasi pöörduma. Seepärast keelas usk laiba lahkamise, lahtilõikamise. Tihedas seoses sellega oli näiteks vanade egiptlaste balsameerimiskomme. Laipade balsa-

meerimise teel püüti keha hoida kõdunematuna, et hing võiks temasse tagasi pöörduda. Balsameerimist toimetasid preestrid, sest see oli neile kasulikuks tuluallikaks.

Jätkub, kui vanaaja õpetlastest, kes panid aluse anatoomilis-füsioloogilistele teadmistele, juhtida tähelepanu Hippokrates'ele ja Galenos'ele. Hippokrates, kes elas aastail 460 — 356 e. m. a., oli teravaim vaatleja. Mõnede tema poolt antud haiguste kirjeldused üllatavad oma täpsuselt isegi tänapäeva õpetlasi. Arstiteaduses kasutatakse praegusajani tema kirjeldatud haiguste sümptoome, mis kannavad tema nime: „Hippokrates'e nägu" ägedate soolehaigestumiste puhul ja „Hippokrates'e käteplaginamüra" pleuriidi puhul. Oma praktikas kasutas ta kuulatlemis- ja koputlemismeetodit. Aga Hippokrates'e kujutlustes eluprotsessidest oli ka palju fantastilist. Tema arvates sõltus inimese tervis nelja peavedeliku (mahla) — vere, lima, musta ja kollase sapi vahekorrast organismis. Nende vedelike kvalitatiivsel ja kvantitatiivsel muutumisel pidi inimene haigestuma.

Seda teooriat toetas ja arendas edasi Galenos, kes elas aastail 131—200 m. a. j. Galenos oletas, et veri on tervise ja hea toitumuse puhul helepunane, mingi põrnast verre sattunud „musta sapi" lisasegu puhul must ja kollase sapi ülekülluse l kollane. Sellest hoolimata tuleb anatoomiliste teadmiste arendamisel tunnustada Galenos'e suuri teeneid. Tema töödes on tehtud lõppkokkuvõtted vanaaja teadlaste anatoomilis-füsioloogilistest teadmistest, mida ta täiendas loomkatsetel põhinevate uute isiklike vaatlustega. Galenos andis luude ja lihaste üksikasjalise kirjelduse, rõhutas närvide osa liikumises ja aistimises. Galenos'e järgi saavad meele-elundite närvid alguse ajust, aga mitte südamest (nagu arvas Aristoteles). Galenos tegi parandusi vanade teadlaste kujutlustes vereringest. Hippokrates'e aegadel oletati, et veri tekib maksas ja voolab

veenide kaudu südamesse — soojuseallikasse. Südamest pidi veri veenide kaudu laiali kanduma kõigisse elundeisse, kust ta pidi imenduma kudedesse, nagu vesi imbub taimede kastmisel maasse. Arteerid sisaldasid aga tolleaegsete kujutluste järgi mitte verd, vaid õhku.

Säärane kujutlus oli tekkinud vaatluste tulemusena laipade juures, kus arteerid alati osutusid tühjaks, veenid aga olid verega täidetud. Galenos tõendas katsete põhjal, et veri esineb ka arteerides ning voolab niihästi arteerides kui ka veenides. Arteriaalne ja venoosne süsteem polnud aga tema arvates omavahel ühenduses, vaid neis leiduv veri segunes südames. Galenos oletas vääralt, et südame parema ja vasaku poole vahel on avaus.

Siirdudes edasi keskaega, peab rõhutama, et sünge keskaja jooksul ei nihkunud anatoomilis-füsioloogilised teadmised usu surve tõttu peaaegu üldse mitte paigalt.

Religioossed uskumused ja eelarvamused tegid inimlaipade lahkamise peaaegu võimatuks. Ainult üksikuis riikides oli inimlaipade lahkamine lubatud ja sedagi kord viie aasta jooksul. Tavaliselt lahati hukatud roimarite laipu. Lahangud kandsid siis avaliku vaatemängu iseloomu. Neil viibisid mitte ainult õpetlased ja üliõpilased, vaid ka linna auväärsed inimesed ja lihtsalt uudishimulikud. Tavaliselt ei lahanud professor laipa ise, vaid seda tegi prosektor, kelle kohuseid täitis sageli habemeajaja. Lahangud kandsid demonstratsiooni iseloomu. See seletub sellega, et tolle aja õpetlased arvasid, nagu poleks enam midagi uurida, kuna „Galenos ütles kõik". Vahel saatis lahkamist muusika. Siit said ka ruumid, kus toimusid laipade lahkamised, anatoomia teatrite (*theatrum anatomicum*) nimetuse. Endastmõistetavalt aitasid seda laadi lahangud vähe kaasa anatoomia edenemisele.

Iseloomustades anatoomilis-füsioloogiliste teadmiste

arenemises renessansiaega, on täiesti küllaldane peatuda ühel tolle aja õpetlasel — Andreas Vesalius'el (1515.—1564. a.), kes 1542. a. avaldas töö „Inimkeha ehitusest", mille eest teda peetakse moodsa anatoomia rajajaks. Aga ka veel Vesalius'e ajal tegi inimlaipade lahkamiseks saamine suuri raskusi, olles vahel kiriku jälitamiste pärast koguni eluohuga seotud. Oma anatoomiliste uurimiste jaoks tuli Vesalius'el mõnikord kasutada kas kalmistuilt varastatud või hukatud roimarite laipu.

On huvitav märkida, et esimesi korrapäraseid praktilisi töid hakati anatoomia alal korraldama alles 1788. a. Strassburgis. Inglismaal aga said ülikoolid haiglaist lahkamise jaoks laipade saamiseks ametliku loa alles 1821. a., s. o. XIX sajandi algul.

Ajaloolises ülevaates tuleb nimetada inglise õpetlast W. Harvey'd, kelle nimega on seotud füsioloogia kui teaduse tekkimine. 1628. a. avaldas Harvey töö nime all „Anatoomiline uurimus südame ja vere liikumisest loomadel". Selles kuulsas töös kirjeldas Harvey oma vereringete avastamist loomadel. Harvey avastus lükkas ümber 1500 aasta kestel valitsenud Galenos'e õpetuse vereringest. Vanade teadlaste autoriteedile vastandas Harvey faktid, mis põhinesid rohkearvulistel lahangutel ja loomkatsetel.

Füsioloogia uusimate saavutuste tutvustamisel on erakordselt kasulikeks näiteiks tööd vere transfusiooni alalt ja S. S. Brjuhhonenko katsed organismide elluäratamisest.

Tänapäeval kasutatakse arstimise praktikas vere transfusiooni sageli kõige mitmesugusemail juhtudel: verekaotuste, mürgistuste, nakkushaiguste, silmahaiguste jne. puhul. Selle ravivahendi laialdast levikut soodustab vere säilitamisabinõude leiutamine. Nüüd hoitakse spetsiaalseis

laboratooriumides verd tagavaraks. Vajaduse korral võib seda suurte kauguste taha transportida. Vere säilitamisel on kaitsevahendina suur tähtsus. Viimasel ajal on tehtud vere transfusiooni alal tähtis avastus — võimalus kasutada transfusiooniks värske laiba verd. Selle avastuse kohta kirjutab tema autor prof. Judin järgmist: „Juba üle 700 meie haigeist on saanud oma tervise tagasi ja väga paljud neist on sõna tõsises mõttes surnust ellu äratatud. Elavale inimesele laiba verd sisestada! Säärane mõte tahtmatult mitte ainult ei vapusta, vaid võib peaaegu instinktiivset hirmu põhjustada. Kõik selle on aga kõrvaldanud meie sajad transfusioonid. On tarvis kas või kord näha, kuidas igast vereportsjonist sealsamas silmade all 5—10 minuti jooksul haige surnukahvatu nägu elustub, kuidas 150—200 cm^3 vere saamise tagajärjel pulss hakkab töötama, hingamine taastub, silmad elustuvad; juba hakkab haige kõnelema, ja transfusiooni lõpul isegi naeratab...

Ei müstika ega „hing" hõlju elu ja surma piiril. Siin voolab helepunase nirena täiesti aineline mateeria — surnud inimese elav veri. See tagastab elule inimesi, see julgustab inimkonda uute mõtetega, lootustega kõige laialdasematele võimalustele, mis luuakse inimeste endi poolt, kes on vabanenud müstikast ja eelarvamustest. Mitte lihavõtte hommikupalvuse lauludes, vaid meie instituudi[1] operatsioonisaalides peaksid kõlama sõnad: „Surmaga on surm ära võidetud"."

Siis tuleb siirduda mõnede S. S. Brjuhhonenko katsete juurde. Dr. Brjuhhonenko, uurides südame tööd, leiutas erilise aparaadi — autožektori. See aparaat asendab südame tööd. Selle abil teostas dr. Brjuhhonenko oma huvitavaid katseid. Kirjeldame siin üht: „Kell 15.52 aius-

[1] Sklifossovski-nimeline Instituut.

tati narkoosi all oleva koera „Priima" kaelasoonte operatsiooni nende ühendamiseks autožektoriga. Kell 17.30 lakkas koeral hingamine ja kadusid refleksid, kuid süda jätkas töötamist. Autožektori abiga asuti vere võtmisele. Koera silmaavad laienesid. Kell 17.33 peatus süda. Mõne sekundi pärast tõmbus süda veel korra kokku ja jäi siis lõplikult seisma. Kell 17.34 ja 10 sek. saabus surm."

Viie minuti pärast algas elluäratamine. Autožektori käikulaskmisega lülitati sisse kunstlik vereringe. Meditsiinilise vaatluse protokolli tähelepanuväärsed andmed on järgmised: „1 min. 20 sek. pärast autožektori sisselülitamist hakkas surmatud looma süda tuksuma. 3 min. 50 sek. pärast hakkasid silmaavad ahenema. 4 min. 15 sek. pärast kuuldus esimene sissehingamine. 9 min. pärast lõpetati kunstlik vereringe, autožektor lülitati välja. Elluäratamist jälgivad teaduslikud töötajad konstateerisid, et surmatud koer oli „ellu äratatud". Mitu kuud järjest oli „Priima", nagu teisedki elluäratatud koerad, alatise kontrolli all. Kestev kontroll näitas, et elluäratatud olevused ei avalda mitte ainult kõiki tagastatud elu tunnuseid, vaid muutuvad pärast teatavat toitumisrežiimi isegi märksa paksemaks. Elluäratatud koerte organismis ei ilmnenud edasisel uurimisel mingeid pataloogilisi muutusi. Koerad olid terved, lahked, liikuvad jne.

Kõige märkimisväärsem on seejuures, et instituudil [1] õnnestus organisme kaunis pika aja — kuni 12 minuti pärast ellu äratada. Rohkearvulised loomade elluäratamise katsed annavad alust arvata, et kunstliku vereringe meetodid on täiel määral rakendatavad ka inimorganismi elluäratamisel."

Õpetaja jutustus lõpeb järeldusega: anatoomia ja füsioloogia ajalugu ja nende teaduste uusimad saavutused näi-

[1] Eksperimentaalse Füsioloogia ja Teraapia Instituut.

tavad veenva selgusega usu väidete valelikkust inimese jumalikust olemusest ja jumala kõikvõimsusest.

Töövahendid. Hippokrates'e, Galenos'e ja Harvey portreed. Koopia Rembrandt'i pildist „Anatoomia loeng".

VIII. RAKK JA KOED.

Teema koht ja tähtsus.

Teema „Rakk ja koed" on kursuse sissejuhatavaks teemaks. Selle jao õppimise tulemusena peavad õpilased omandama mitte ainult selged konkreetsed kujutlused loomarakust ja inimorganismi tüüpilistest kudedest, vaid ka õige käsituse organismide rakulisest ehitusest üldse.

Õpilaste tutvustamisel antud teema materjaliga tuleb kokku võtta need teadmised, mis neil juba on olemas botaanika ja zooloogia kursusest taimede ja loomade rakkude ning kudede kohta. Edasi on tarvis anda lühikesi teatmeid organismide rakulise ehituse arenemise ajaloost. Lõppeks on vajalik luua kujutlus hulkraksest organismist kui ühtsast tervikust.

Mida õpilased peavad omandama. Teema õppimise tulemusena peavad õpilased omama järgmisi teadmisi.

1. Teadmised anatoomia (histoloogia) alalt. Taimeraku ehitus: tuum, protoplasma, klorofülliterad, kest. Loomaraku ehitus: tuum, protoplasma, kest. Loomakudede ehitus: epiteel-, side-, kõhr-, luu-, lihas- ja närvikude. Tuuma ehitus: tuumake, kromatiin, akromatiinvõrk, tuumamahl, kest.

2. Teadmised füsioloogia alalt. Raku peaosade — tuuma, protoplasma ja kesta tähtsus. Rakkude pooldumine: otsene ja kaudne. Raku-ainevahetuse mõiste. Tuuma ja protoplasma keemilise koostise mõiste.

3. Teadmised botaanika alalt. Taimede roheliste osade raku ehitus: tuum, protoplasma, klorofülliterad, vakuool ja kest. Klorofülliterade tähtsus süsiniku omastamisel rohelise taime poolt.

4. Teadmised loodusteaduse ajaloo alalt. Raku ja tema peaosade — tuuma, protoplasma ja kesta — avastamise ajalugu. Elementaarsed teadmised organismide rakulise ehituse õpetuse ajaloost (Schwann, Schleiden, Virchow). Engelsi arvamusavaldus raku avastamise tähtsusest.

5. Teadmised keemia alalt. Tuuma ja protoplasma koostisse kuuluvad keemilised elemendid. Valgud, rasvad, süsivesikud.

Teema läbivõtmise plaan. Stabiilses õpikus algab materjali esitamine teema kohta „Rakk ja koed" organismide rakulise ehituse uurimise ajalooga. Edasi antakse konkreetne materjal loomorganismi rakkude ja kudede kohta. On otstarbekohasem käsitella seda teemat teises järjestuses. Alguses tuleb õpilastele anda konkreetsed teadmised loomorganismi rakkudest ja kudedest ning siis juba nende teadmiste alusel teha kõik vajalikud üldistused.

Teema „Rakk ja koed" läbivõtmiseks on määratud 8 tundi. Need jaotatakse umbes järgmiselt: Lühike sissejuhatav vestlus, taimerakust saadud kujutluse kontrollimine ja täpsustamine — 1 tund. Tutvumine loomaraku ehitusega — 1 tund. Protoplasma, tuuma ja kesta ülesanne rakus; protoplasma ja tuuma koostis ning ehitus — 1 tund. Rakkude otse- ja kaudpooldumine — 1 tund. Tutvumine loomorganismi tüüpiliste kudedega — 2 tundi. Lühikesi andmeid organismide rakulise ehituse õpetuse arenemise ajaloost; organism kui tervik — 1 tund. Teadmiste arvestamine kogu teema kohta — 1 tund.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmise kohta.

1. Taimerakk.

Lühikeses sissejuhatavas vestluses juhib õpetaja õpilaste tähelepanu põhilistele küsimustele, mis tulevad teema „Rakk ja koed" käsitlemisel arutlemisele.

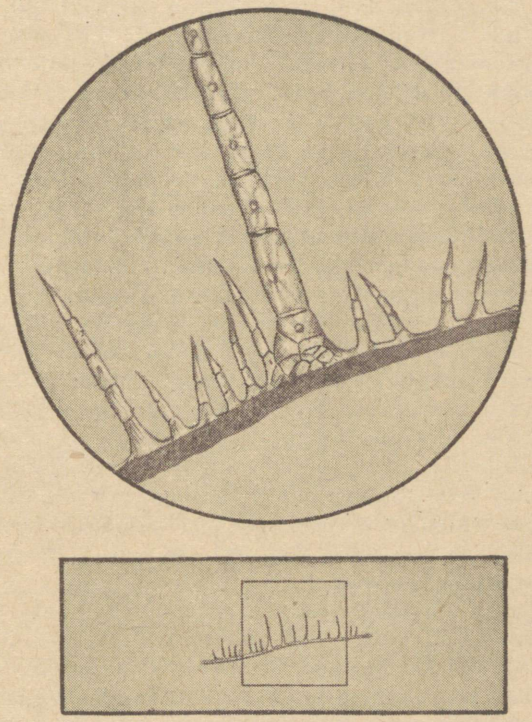
Eeljuhendid. Inimorganismi rakkude ja kudede vahetule käsitlemisele ei tule siirduda kohe pärast sissejuhatavat vestlust. Otstarbekohane on alustada botaanika ja zooloogia kursuses taime- ja loomarakkude ehituse kohta saadud teadmiste uuendamise ja täpsustamisega õpilaste mälus. Seda kordamist võib teostada mõnede õpilaste küsitlemise teel. Kordamisprotsessis selguvad puudused VIII klassist kaasatoodud kujutlustes rakust ja kudedest.

Teadmiste kontrollimine näitab tavaliselt, et õpilased tulevad sellele kursusele ilma, et neil oleks taimede roheliste osade rakkude iseloomulikest eriomadustest selgeid ja täpseid kujutlusi. Enamik õpilastest ei mäleta nende rakkude funktsioonide kvalitatiivset omapära tingivat klorofülliterade tähtsust, nende võimet sarnastada süsihappegaasist päikesekiirte energia kaastegevusel süsinikku. Seepärast ei tohi mingil juhul liigseks pidada, et õpilastel taimede roheliste osade rakkude kohta olevate kujutluste täpsustamise eesmärgil korratakse VIII klassis läbivõetud materjali. Seda on hea teha vastavate valmis või endatehtud preparaatide vaatlemise teel mikroskoobi all. Eriti oluline on õpilastele näidata elavaid taimerakke. Parimaiks demonstreerimisobjektideks on melonkõrvitsa, tradeskantsia ja kilbuka (*Hydrocharis morsus ranae* L.) karvakeste rakud.

Neil preparaatidel võib õpilastele näidata taimede roheliste osade rakkude kõiki iseloomulikke eritunnuseid: tuuma, protoplasmat, klorofülliteri, vakuooli rakumahlaga ja kesta. Enamikus neis võib näha ka protoplasma liikumist, mis eriti hästi ilmneb kilbuka karvade rakkudes.

Melonkõrvitsa karva mikroskoobiline preparaat. Melonkõrvitsa karvast taimeraku preparaadi valmistamiseks võetakse taime noor võsu või leht. Terava nõelaga käristatakse taime küljest karvad ühes kitsa marrasknaha ribaga. Tavaliselt kistakse koos marrasknaha ribaga ära mitu karvakest. Marrasknaha riba võetakse mitte

laiem kui on karva alumik. Ta pannakse esemeklaasile tilga vee sisse ja kaetakse katteklaasiga (joon. 1). Mikroskoobis vaatlemiseks võib niisuguse preparaadi jaoks välja valida väikese karva. Karva rakud, eriti tema alumiku juures, on niivõrd suured, et mikroskoobi vaateväljale mahub ainult üks rakk. Sellel preparaadil on kerge leida taimeraku kõiki iseloomulikke eripärasusi: tuuma,



Joon. 1. Melonkõrvitsa karva preparaat.

protoplasmat, vakuooli, harvu klorofülliteri ja kesta. Hästi on näha protoplasma ja temas asetsev tuum. Sageli võib täheldada raku tsentrumis või ühes nurgas protoplasma kogunemist. Kogunemiskohast kandub protoplasma peente niitide näol laiali. Õnnestub täheldada ka protoplasma liikumist. Seda preparaati vaadeldes saavad õpilased õige kujutluse tuuma asendist protoplasmas, mis

taimerakuga tutvumisel sibula juure valmispreparaadil jääb õpilastel tavaliselt silmapaari vahele.

Tradeskantsia karva mikroskoobiline preparaat. Suurepärase taimeraku-preparaadi annavad tradeskantsia karvad. Skalpeerime kääridega või lõikame habemenoaga kitsa riba lehe selle osa äärest, mis liibub varre külge. See on tihedalt kaetud peenikeste pikkade karvadega. Äralõigatud riba paigutatakse esemeklaasile tilga vee sisse. Et vältida karvade pinnal õhumullikeste tekkimist, asetatakse katteklaas preparaadile karvade alumiku poolt nende tipu suunas. Karva alumiku juures asetsevail rakkudel on näha: kest, seinmist kihti moodustav protoplasma ja selles sisalduv tuum. Tuum paistab hästi silma. Moodustades võrgu kandub protoplasma tuuma juurest peenikeste niitidena kogu rakku mööda laiali. Protoplasmas leidub väikesi valgeid teri — leukoplaste — ja päris pisikesi terakesi — protoplasma mitmesuguseid sisaldisi (inklusioone). Sellel preparaadil võib vaadelda ka protoplasma liikumist.

Kilbuka juurenarma mikroskoobiline preparaat. Parimaks objektiks protoplasma liikumise vaatlemise jaoks on kilbuka[1] juurenarmad. Kilbuka iga juurenarmas kujutab endast üht silindrilist rakku. Noored rakud on täielikult täidetud protoplasmaga, mille keskel on näha ainult väikesi vakuoole. Küpsemais rakkudes asetseb protoplasma õhukese kihina kesta ääres ja üksikute niitidena raku sees. Protoplasma liikumine on selgesti täheldatav, eriti narmaste vabades otstes. Preparaadi valmistamiseks lõigatakse kilbuka juure küljest väike (3—5 mm pikkune) tükike ja pannakse see esemeklaasile veetilga sisse. Mikroskoobi all vaatlemiseks kaetakse preparaat katteklaasiga.

Töövahendid. Melonkõrvitsa noored võsud, kilbukas, tradeskantsia. Mikroskoobid. Luubid (kuni 20 tükki klaasi kohta). Väikesed anatoomilised käärid. Skalpell. Pintsett. 1—2 prepareerimisnõela. Pipett. Eseme- ja katteklaasid. Akvaarium taimede jaoks.

Taimeraku preparaadi vaatlemine mikroskoobi all. Olenevalt õpetaja käsutuses olevast mikroskoopide hulgast võib taimeraku preparaatide vaatlust toimetada kas demonstratsiooni või laboratoorse töö näol.

---

[1] Kilbukas — veetaim ujuvate südame- või neerutaoliste lehtede ja vabalt alla- (vette) rippuvate juurtega. Kilbuka juurtel leiduvad pikad, selgesti nähtavad narmad. Preparaadi jaoks valitakse selline juure tükk, kus narmad on hästi arenenud.

Enne preparaatide vaatlemist mikroskoobi all selgitab õpetaja seinatabeli abil, millele tuleb erilist tähelepanu pöörata ja missuguseid raku ehituse eripärasusi ja üksikasju tuleb antud preparaadil vaadelda.

Taimeraku demonstreerimine mikroskoobi all. Demonstreerimisel on soovitav iga mikroskoobi juurde paigutada vaadeldavast preparaadist joonis. Joonistel peavad raku tähtsamad osad — tuum, protoplasma, klorofülliterad, vakuool rakumahlaga ja kest — olema tähistatud pealkirjadega. Need joonised aitavad õpilasi vaadeldavate preparaatide üksikasjus orienteeruda.

Vaatlemise ajal peab õpetaja viibima mikroskoopide juures ja andma vajalikke seletusi. Tavaliselt ei lubata õpilastel vaatlemise ajal valgustust ja teravust reguleerida. Kui aga mõned puuduliku nägemisega õpilased kaebavad kujutise ebaselguse üle, siis peab õpetaja ise puudused viibimata kõrvaldama.

Pärast rakkude vaatlemist mikroskoobi all peavad õpilased nähtu vihikuisse joonistama ja joonised vastavate pealkirjadega varustama. Nende jooniste järgi selgitab õpetaja, kas õpilased on kõigest õieti aru saanud ja millised ehituse üksikasjad on neile selgusetuks jäänud. Seni kui ühed õpilased järjekorras preparaate vaatlevad, tuleb teised õpilased panna luubi abil melonkõrvitsa või kilbuka karvakesi vaatlema ja neid vihikuisse joonistama. Melonkõrvitsa karvakeste rakkudeks jagunemist on isegi palja silmaga näha.

Mikroskoobiliste preparaatide demonstreerimisel võib suurt abi pakkuda endatehtud osutiga okulaar. Selle abil on õpilastele võimalik näidata, kus asetseb tuum, millises rakuosas on paremini märgata protoplasma liikumist, vakuoole jm. Koondades õpilaste tähelepanu tähtsamaile üksikasjadele, teeb osutiga okulaar preparaadi vaatlemise

produktiivsemaks. Arusaamatuste vältimiseks peab õpilastele osutiga okulaari konstruktsiooni selgitama.

Laboratoorne töö taimeraku tundmaõppimiseks. Laboratoorset tööd võib teostada ainult siis, kui klassi kohta on olemas 8—10 mikroskoopi. Selleks jaotatakse klass mikroskoopide arvu järgi rühmadeks. Iga rühm varustatakse töövahendite komplekti ja vastava instruktsiooniga.

Instruktsioonis näidatakse täpselt, kuidas taimeraku üht või teist preparaati valmistada ja mida sellel vaadelda. Instruktsiooni koostab õpetaja ise ja seda võib õpilaste aktiivi keskelt võetud laborantide abiga tarvilisel hulgal paljundada.

Kui õpilased omavad küllaldast vilumust, siis võib neile anda võimaluse valmistada instruktsiooni järgi iseseisvalt taimeraku preparaadid, vaadelda neid mikroskoobi all ja tulemused üles joonistada. Kui õpilastel pole niisugust vilumust, siis on otstarbekohasem tööd toimetada frontaalselt. Töö alustamisel loetakse instruktsioon valjusti ette. Õpetaja selgitab arusaamatud kohad instruktsioonis ja näitab kätte preparaatide valmistamise võtted. Pärast seda asuvad õpilased preparaatide valmistamisele. Õpetaja kontrollib, kas preparaadid on õieti valmistatud. Pärast, kui kõik õpilased on taimerakke mikroskoobi all vaadelnud ja need üles joonistanud, selgitab õpetaja küsitlemise teel, mida nad preparaatidel vaadelda on osanud.

Demonstratsiooni või laboratoorse töö tulemusena jõuavad õpilased järeldusele, et taimede roheliste osade rakkudes on tuum, protoplasma, kest, rakumahlaga vakuoolid ja klorofülliterad. Lõppkokkuvõttes peab õpetaja õpilastele meelde tuletama, missugune tähtsus on taimede klorofülliteradel süsiniku sarnastamises.

Töövahendid. (Materjal mikroskoobiliste preparaatide valmistamiseks on näidatud eespool.) Mikroskoobid. Laboratoorse

töö teostamisel antakse töövahendid igale õpilasterühmale komplekti näol. Osutiga okulaarid (mikroskoopide arvu järgi). Tabel „Taimeraku ehitus".

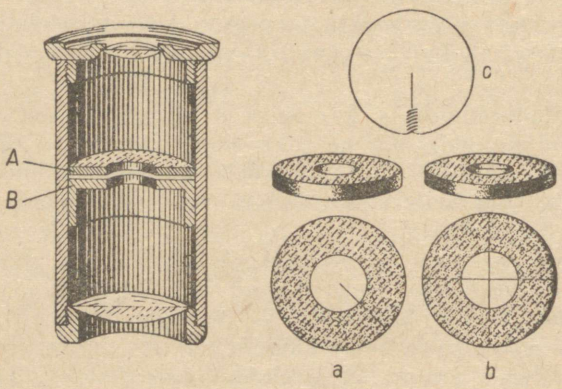
Õpilaste instrueerimine mikroskoobi kasutamise tehnika suhtes. Enne kui alustada mikroskoobiga tööd, tuleb õpilastele meelde tuletada, kuidas mikroskoop on konstrueeritud ja kuidas teda õieti kasutada. Selleks otstarbeks paigutatakse õpetajalauale mikroskoop. Õpetaja nimetab mikroskoobi peaosi ja selgitab iga osa tähtsust. Siis ta näitab, kuidas mikroskoopi preparaatide vaatlemisel kasutada: kuhu paigutatakse preparaat, kuidas kasutatakse peeglit ja diafragmat, kuidas reguleeritakse tuubuse kaugust (fokuseeritakse).

Selle kontrollimiseks, kas õpilased on õpetaja seletustest õieti aru saanud ja kuidas nad on mikroskoobi kasutamise võtted omandanud, võib mitu õpilast kordamööda mikroskoobi juurde välja kutsuda ja lasta neil iseseisvalt läbi teha kõik operatsioonid mikroskoobi ülesseadmisel.

Õpetaja seletuste ja mikroskoobi kasutamise õigete võtete demonstreerimise tulemusena peavad õpilased selle aparaadi suhtes omama järgmisi kasutamis- ja käsitsemisvõtteid: 1) preparaat pannakse mikroskoobi esemeklaasile nii, et objekt oleks täpselt objektiivi läätse vastas; 2) preparaati valgustatakse peegli abil; 3) tuubus lastakse alla peaaegu kuni objektiivi kokkupuutumiseni preparaadiga; objektiivi allalaskmist peab jälgima küljelt; 4) siis alles vaadatakse läbi okulaari ja kremaljeeri aegamööda keerates tõstetakse tuubust kuni kujutise ilmumiseni; 5) lõplikku nihutamist teostatakse mikromeetrilise kruvi abil, kui see mikroskoobil on olemas, või siis kremaljeeri ettevaatliku keeramisega. Samuti peab näitama, kuidas kasutatakse diafragmat. Koolimikroskoopide plaatjat diafragmat seatakse tema keeramise teel ümber telje. Tugeva suurenduse puhul on parem kasutada diafragma kõige väiksemat ava, siis väheneb küll mõnevõrra kujutise heledus, objekti üksikasjad on aga see-eest selgemini näha.

Endatehtud osutiga okulaar. Osuti (joon. 2) võib iga okulaari jaoks ise teha. Selleks võetakse hea kork ja lõigatakse tema küljest 2—3 mm paksune kettake. Kettakese keskele tehakse korgipuuri abil ümmargune 1-cm läbimõõduga ava. Kõrvalt pistetakse kettakesse entomoloogiline nõel või tükk peenikest traati, nii et selle ots jääb kettakese augu tsentrumist pisut eemale (joon. 2, *a*). Nõela teine ots lõigatakse ära päris korgi ääre juurest. Ketas pan-

nakse okulaari sisse. Selleks kruvitakse okulaari ülemine lääts ära. Ketas *A* asetatakse diafragma väljaulatuvale metallosale — okulaari *B* diafragmale. Pärast seda kruvitakse lääts oma kohale. Nõela asemel võib võtta kaks peenikest vasktraati ja tõmmata need ristamisi kettakese avale (joon. 2, *b*). Traadi otsad kinnistatakse korgisse. Nii jagatakse mikroskoobi vaateväli neljaks segmendiks. Nagu joonisel 2, *c* näha, võib osuti valmistada ka peenikesest vasktraadi tükist.



Joon. 2. Endatehtud osutiga okulaar.

Peenemaid niite saab kolloodiumist. Diafragma vabale äärele lastakse peene klaaspulgakese abil väike tilk kolloodiumi; siis viiakse pulgake kohe diafragma vastasäärele, kuhu lastakse samasugune tilgake. Tilgakeste vahele moodustub hüübinud kolloodiumist peenike sirge niit. Samasugusel viisil tõmmatakse esimesega perpendikulaarselt teine kolloodiumniit. Teise tilga laskmisel peab pulgakest aegamööda keerates selle nii kõrvaldama, et ei moodustuks liigseid niite. Olles okulaari kestast kaitstud, säilivad niidid kaunis kaua.

2. Loomarakk.

Loomaraku iseloomulikest eriomadustest võib anda kujutluse mitmesuguste objektide — tümlase tõugu [1]

[1] *Chironomus plumosus.*

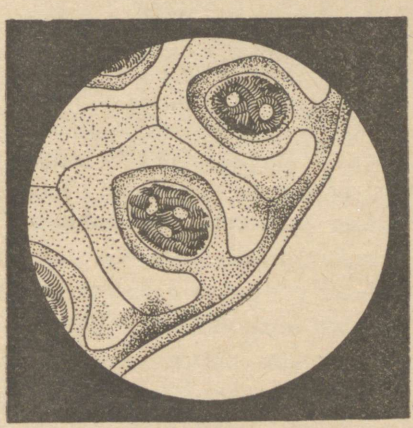
(joon. 3) süljenäärmete epiteeli, konna marrasknaha või inimese suuõõne epiteeli rakkude vaatlemisel. Need preparaadid tuleb õpetajal endal valmistada.



Joon. 3. Tümlase tõuk.

Sõltuvalt mikroskoopide arvust toimub loomarakkude vaatlemine kas demonstratsiooni või laboratoorsete tööde kujul. Töö organiseeritakse samuti nagu taimerakkude vaatlemiselgi.

Tümlase tõugu süljenäärmete mikroskoobiline preparaat. Mainitud objektidest on kõige väärtuslikumad tüm-

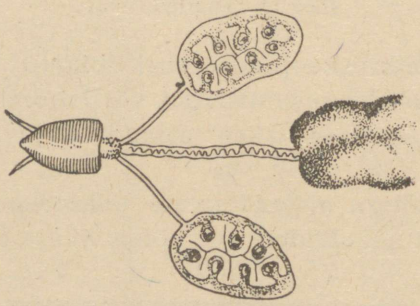


Joon. 4. Tümlase tõugu süljenäärme rakud.

lase tõugu süljenäärmete rakud. Need on niivõrd suured, et neid võib vaadelda isegi koolimikroskoobi väikesel suurendusel (75 korda). Rakkude tuumad on väga suured.

Neis on jämedad kromatiinniidid hästi näha. Ka teraline protoplasma on selgesti nähtav (joon. 4).

Tümlase tõugu süljenäärmete preparaat valmistatakse järgmiselt. Tõuk kuivatatakse filter- või kuivatuspaberiga ja pannakse esemeklaasile. Siis võetakse pintsetiga tõugu peast kinni ja venitatakse seda ettepoole, kusjuures keha tagaotsa hoitakse sõrmega kinni. Pea rebeneb küljest ära. Selle taga niitneb pikk peenike toruke — seedekulgla. Külgedel on näha kaks süljenääret (joon. 5).



Joon. 5. Tümlase tõugu süljenäärmed.

Need jäetakse tõugust väljanirisenud vedelikutilgasse (verre) ja kaetakse katteklaasiga. Preparaadi valmistamine nõuab teatavat vilumust, sellepärast peab tema valmistamist enne pisut harjutama.

Inimese suuõõne ja konna marrasknaha epiteeli mikroskoobilised preparaadid. Inimese suuõõne ja konna marrasknaha epiteeli preparaate on parem vaadelda koolimikroskoobi tugeval suurendusel (180—400 korda). Neil preparaatidel pole raske märgata tuuma, teraline protoplasma pole aga kõigil preparaatidel eristatav (joon. 6).

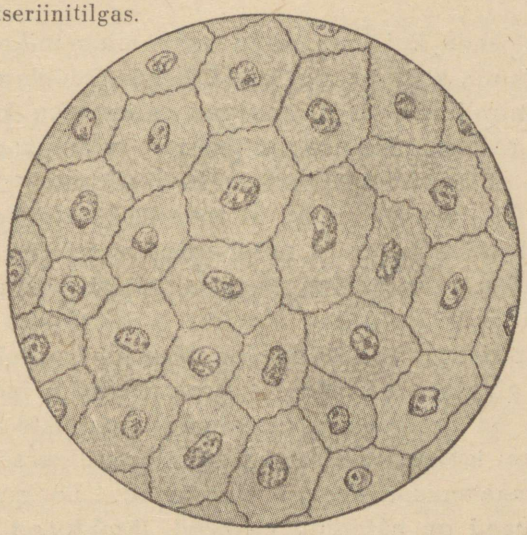
Epiteelirakke saadakse inimese suuõõnest järgmisel viisil. Võetakse skalpell ja hõõrutakse see hoolega piiritusega üle; siis tõmmatakse skalpelli tömbi otsaga kergelt surudes üle palge või alumise moka sisepinna.

Skalpellile jäänud lima kantakse esemeklaasil olevasse füsioloogilise lahuse (0,9% NaCl) tilgasse ja kaetakse katteklaasiga.

Tavalise violetset värvi tindiga värvimine teeb tuumad rakku-

des paremini nähtavaks. Preparaatide värvimiseks tuleb need 1—2 minutiks väikesesse veega lahjendatud tinditilgasse asetada.

Konna marrasknahka ei ole raske leida veest, kus neid loomi hoitakse. See ujub seal kelmetükikeste näol. Vee all lõigatakse kääridega väike kelmetükike lahti, võetakse pipetisse ja kantakse esemeklaasile. Kui kelmetükike on kokku rullunud, tõmmatakse ta prepareerimisnõelte abil sirgeks ja vaadeldakse mikroskoobi all vee- või glütseriinitilgas.



Joon. 6. Konna marrasknaha epiteel (mikroskoobi all).

Kudede elutegevuse pikendamiseks tarvitatakse füsioloogilisi lahuseid. Oma soolasisalduselt lähenevad need vereplasmale. Tavaliselt tarvitatakse Ringer-Locke'i lahust[1]. Külmavereliste jaoks on sobiv järgmise koostisega lahus:

NaCl	— 6,5 g	1 liitri vee kohta
KCl	— 0,14 „	
$CaCl_2$	— 0,12 „	
$NaHCO_3$	— 0,2 „	
Glükoosi	— 1,0 „	

[1] Koolipraktikas kasutatakse füsioloogilise lahusena külmavereliste jaoks tavaliselt ainult 0,65%-list, soojavereliste jaoks 0,9%-list NaCl-lahust.

Soojavereliste jaoks on Ringer-Locke'i lahusel teistsugune koostis:

NaCl	— 9,0 g	1 liitri vee kohta
KCl	— 0,42 „	
$CaCl_2$	— 0,24 „	
$NaHCO_3$	— 0,15 „	
Glükoosi	— 1—2 „	

Pärast seda kui loomaraku vaatlemine mikroskoobi all on lõpetatud, selgitab õpetaja õpilaste küsitlemise ja jooniste kontrollimise teel, kas nad loomaraku kõiki üksikasju on näinud. Rakuga tutvumise tulemusena tehakse järeldus, et loomarakku iseloomustavad tuum, protoplasma ja kest. Õpetaja tähendab, et loomarakkude kest on oma koostiselt, omadustelt ja nähtavuselt muutlik.

Sarnasus ja erinevus looma- ja taimeraku ehituses. Kokkuvõttes võrreldakse looma- ja taimeraku iseloomulikke eripärasusi ja tehakse kindlaks, et ühisteks joonteks mõlema ehituses on tuum ja protoplasma. Iseärasusteks aga, mis on omased ainult taimede roheliste osade rakkudele, on tselluloosist kest ning klorofülliterad, mis süsiniku sarnastamises peaosa etendavad. Loomaraku kesta eriomadused on näidatud eespool. Järeldused märgitakse vihikuisse.

Töövahendid. Tümlase tõugud. Konna marrasknahk. Inimese suuõõne rakud. Mikroskoobid. Käärid. Skalpell. Pintsett. 1—2 preparеerimisnõela. Pipett. Preparеerimisvann. Klaas veega konna marrasknaha jaoks. Eseme- ja katteklaasid. Kuivatuspaber. Glütseriin. Piiritus. Füsioloogiline lahus külma- ja soojavereliste le. Violetne tint. Tabel „Loomarakud". Vaadeldavate rakkude joonised.

3. Protoplasma ja tuuma osatähtsus rakus.

Õpilaste tutvustamisel raku peaosade — tuuma, protoplasma ja kesta tähtsusega võib piirduda peamiselt selle materjaliga, mis on antud stabiilse õpiku vastavas parag-

rahvis. See küsimus on seal küllalt selgesti esitatud ja õpilased omandavad selle ilma erilise raskuseta. Materjali täienduseks tuleb neile näidata kestade olemasolu loomarakus. Seda võib teha konna erütrotsüütide juures.

Katse korraldamiseks seatakse valmis kolm pipetti ja tehakse kolm mitmesugust keedusoolalahust: 1) hüpotooniline (0,1—0,2% NaCl), s. o. nõrgem kui ainete kontsentratsioon erütrotsüütides[1]; 2) isotooniline (0,65% NaCl), s. o. kontsentratsioonilt võrdne erütrotsüütide mahla kontsentratsiooniga, ja 3) hüpertooniline (3% NaCl), s. o. niisugune, mis ületab ainete kontsentratsiooni erütrotsüütides.

Võetakse kolm puhast esemeklaasi. Igaühele neist pannakse eri pipeti abil tilk neist kolmest lahusest, lisatakse tilk äsjatapetud konna verd ja kaetakse katteklaasiga.

Kontsentreeritud lahusesse pandud erütrotsüüte mikroskoobi all vaadeldes näevad õpilased, et need on veekaotuse tagajärjel tugevasti kipra tõmbunud. Nõrgas lahuses või destilleeritud vees on erütrotsüüdid tursunud ja nende kestad on lõhkenud. Hemoglobiin on jooksnud vereplasmasse (hemolüüs). See katse kinnitab kesta olemasolu erütrotsüütidel. Füsioloogilises lahuses jäävad erütrotsüüdid muutumatuks.

Neist katseist on samuti näha, et kest laseb vabalt läbi küll vett, aga mitte keedusoola. Järelikult ei ole ta kõigi ainete suhtes läbilaskev.

Protoplasma ja tuuma elementaarne koostis. Kõigepealt on tarvis selgitada, missugused keemilised elemendid kuuluvad protoplasma ja tuuma koostisse, ja siis juba kindlaks teha, milliste keerukate keemiliste ainetena neid leidub organismis.

---

[1] Seda võib asendada destilleeritud veega.

Peale andmete, mis on toodud õpikus tuuma ja protoplasma elementaarse keemilise koostise kohta, peab õpilasi informeerima sellest, et praegusel ajal on leitud juba üle 30 elemendi, mis kuuluvad loomorganismide koostisse [1]. Neid elemente leidub mitmesugustes organismides ja elundites eri hulgal. Nii on näiteks inimese keha elementaarne koostis järgmine (protsentides):

Hapnikku	— 65,04	Kaaliumi	— 0,27
Süsinikku	— 18,25	Naatriumi	— 0,26
Vesinikku	— 10,05	Kloori	— 0,25
Lämmastikku	— 2,65	Väävlit	— 0,21
Kaltsiumi	— 1,40	Mangaani	— 0,04
Fosforit	— 0,81	Rauda	— 0,02

Muid elemente on alates tuhandikest protsentidest ja veelgi vähem.

Toodud andmed aitavad õpetajat veel suurema veenvusega rõhutada, et elusorganismide, nende hulgas ka inimese koostisse kuuluvad samad elemendid, mis leiduvad elutuski looduses.

Protoplasma ja tuuma keemilised ühendid. Siirdudes tuuma ja protoplasma keemiliste ühendite küsimuse juurde peab viitama, et elemendid, mis kuuluvad protoplasma ja tuuma koostisse, leiduvad neis k e e m i l i s t e ü h e n d i t e näol. Need keemilised ühendid jagunevad kahte rühma: orgaanilised (valgud, rasvad, süsivesikud) ja anorgaanilised ühendid (vesi ja soolad) [2].

[1] Prof. P. I. V e r n a d s k i andmeil on organismides leitud järgmisi elemente: lämmastikku, alumiiniumi, argonit, boori, broomi, vanaadiumi, vesinikku, rauda, joodi, kaaliumi, kaltsiumi, hapnikku, koobaltit, räni, liitiumi, magneesiumi, mangaani, vaske, arseeni, naatriumi, väävlit, strontsiumi, niklit, raadiumi, titaani, süsinikku, fosforit, fluori, kloori.

[2] Orgaaniliste ainete koostisse kuuluvad peale nimetatute veel lipoidid, fermendid ja samuti kõigi mainitud orgaaniliste ainete laguproduktid. Anorgaaniliste ainete koostisse kuuluvad mõned happed ja muud ained. Kuid kõike seda mainida oleks enneaegne.

Vestlust orgaaniliste ainete omadustest peab saatma nende ainete demonstreerimine. Demonstreerimismaterjal peab olema kogutud sellises valikus, et õpilased saaksid konkreetse kujutluse kõigist neist aineist, mida õpikus tuuakse valkude, rasvade ja süsivesikute tüüpiliste näidetena. Nende orgaaniliste ainete kolme rühma keemilist koostist käsitellakse kõige elementaarsemal kujul. Materjali antud küsimuse alal pakutakse õpiku ulatuses.

Valguühendite keerukuse iseloomustamiseks võib tuua hemoglobiini koostise (mida õpilased nimetavad aineks, mis verele annab punase värvuse) — $C_{636}H_{1025}N_{164}O_{181}FeS_3$. See vormel kirjutatakse klassitahvlile.

Õpikus mainitakse vaid möödaminnes seda, et protoplasma ja tuuma koostisse kuuluvad vesi ja mitmesuguste soolade lahused. Ometi etendavad ka need anorgaanilised ained orgaaniliste ainete kõrval organismi elutegevuses tähtsat osa. Seepärast tuleb neil veidi üksikasjalisemalt peatuda.

Endastmõistetavalt ei ole käesoleva teema puhul võimalik vee ja mineraalsoolade tähtsusest täielikku kujutlust anda, ja seda polegi vaja. Nende tähtsuse küsimus kerkib siin esile esmakordselt. See selgub aga põhjalikumalt edaspidi, teemade puhul „Toitumine", „Eritus" ja „Ainevahetus". Õpilaste kujutlus vee ja mineraalsoolade tähtsusest organismile laieneb iga uue teemaga. Siin jätkub, kui tuua mõningad lihtsad näited, mis kujukalt illustreeriksid, milline suur tähtsus on veel ja mineraalsooladel organismi eluprotsessides.

Anorgaaniliste ainete hulgas on esimene koht veel. Täiskasvanud inimese keha sisaldab keskmiselt 58,5% vett. Mõnedel loomadel, näiteks meduusidel, ulatub veehulk 95—96%-ni. Konkreetse kujutluse vee suurest tähtsusest organismile võivad õpilased saada, kui neile tea-

tavaks teha rida fakte vaatlustest ja katsetest loomade ning inimeste juures. Nii surevad näiteks tuvid täie nälgimise ja vee puudumise korral tavaliselt kuuendal päeval. Kui neile aga nälgimise puhul anda ainult vett, siis võivad nad elada umbes 12 päeva.

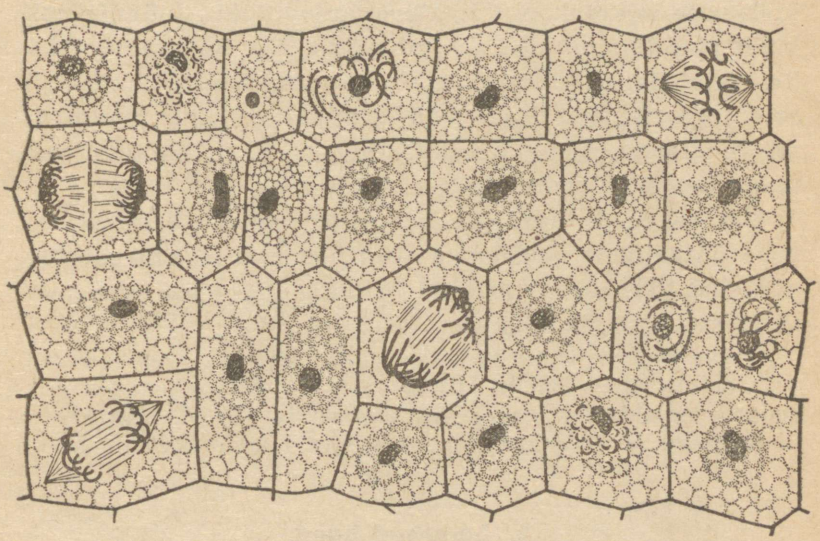
XIX saj. lõpul nälgisid itaalia näitleja Succi ja hiljem ameerika arst Tenner jt. vabatahtlikult katsetamise otstarbel 30 ja rohkem päeva. Nad võisid nii kaua nälga taluda ainult tänu sellele, et said vett. Ilma veeta ei ela inimene üle 3—5 päeva.

Mis puutub mineraalsooladesse, siis võib neist õpilastele nimetada ainult neid, mida organismis leidub tunduvais kogustes. Sellised on näiteks kloornaatrium, kloorkaltsium ja kahelis-süsihappenaatrium. Soolade tähtsust organismile võib õpilastele kõige paremini selgitada järgmise näite abil: loomaluud omavad tänu neis leiduvaile kaltsiumisooladele suurt kõvadust. Pole raske endale kujutella, mis sünniks loomadega, kui nad ei saaks enam kaltsiumisooli juurde. 1926. a. katsetas õpetlane Tillmann enda suhtes, kuidas mõjub kloornaatriumi puudumine organismile. Ta hakkas toituma ainult magedast toidust. Kaheteistkümnendal päeval algas niisugune tugev oksendamine, et ta oli sunnitud katse jätkamisest loobuma.

Protoplasma ja tuuma füüsiline ehitus. Protoplasma ja tuuma füüsilisest ehitusest arusaamine nõuab õpilastelt teatavat ettevalmistust kolloidkeemia alal. Säärast ettevalmistust õpilased ei oma. Kolloidse seisundi küsimusega tutvuvad nad alles XI klassis. Isegi õpetaja-bioloog ei suuda selle piiratud aja jooksul, mis on määratud tuuma ja protoplasma füüsilise ehitusega tutvumiseks, õpilastele ainete kolloidsest seisundist käsitust anda. Kõik ülaltoodud kaalutlused sunnivad meid protoplasma ja tuuma füüsilise ehituse küsimust X klassis mitte käsitlema.

4. Rakkude otse- ja kaudpooldumine.

Tutvumine rakkude otse- ja kaudpooldumisega toimub enne kudede tundmaõppimist. Metoodilisest seisukohast on niisugune kord väga otstarbekohane. Rakkude paljunemise küsimuse esialgne käsitlemine on nagu loomulikuks



Joon. 7. Karüokineetilise pooldumise skeem sibula juure rakkudes.

üleminekuks kudedele, mis tekivad rakkude paljunemise ja diferentseerumise teel.

Õpilaste tutvustamine rakkude pooldumisega toimub vestluse teel, millega ühenduses demonstreeritakse preparaate karüokineetilisest pooldumisest. Küllaldase hulga mikroskoopide puhul on otstarbekohasem korraldada see töö laboratoorse tööna. Säärasel juhul on õpilastel karüokineetilise pooldumise järkude vaatlemiseks rohkem aega.

Enne kui üle minna otse- ja kaudpooldumise protsessi selgitamisele, tuleb kontrollida, kuivõrd selged ja õiged on õpilaste kujutlused tuuma ehitusest. Seda tehakse küsitlemise teel. Tunniks valmistatakse tabel, mis skemaatiliselt (umbes nagu õpikus) selgitab tuuma pooldumise peamisi järke. Väga soovitav on omada ka teist tabelit joonisega sellest mikroskoobilisest preparaadist, mida õpilastele mikroskoobi all demonstreeritakse, näiteks rakkude pooldumine sibula juures (joon. 7). Selgitades tabelite varal, kuidas toimub rakkude pooldumine, missuguseid järjestikuseid faase võib karüokineetilisel pooldumisel täheldada, laseb õpetaja õpilastel kordamööda vaadelda vastavaid preparaate mikroskoobi all.

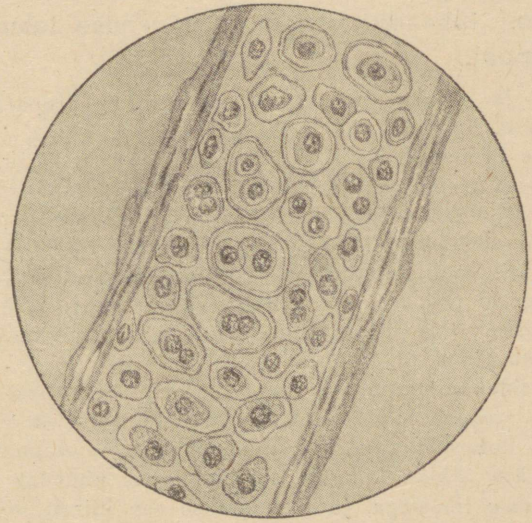
Õpilasi tuleb tutvustada ainult karüokineetilise pooldumise üldkäiguga, nõudmata neilt üksikute faaside meelespidamist. Protsessi detailid saavad õpilastele arusaadavaks XI klassi kursuses.

Töövahendid. Mikroskoobilised preparaadid karüokineetilisest pooldumisest sibula juures. Mikroskoobid. Tabelid ja joonised: rakkude otsepooldumine, raku karüokineetilise pooldumise skeem, sibula juure rakkude karüokineetilise pooldumise tabel või joonis.

5. Loomsed koed.

Sissejuhatavad märkused. Inimese ja loomade kudede tundmaõppimisele pühendatud tundides tuleb käsitella epiteele, kõhre, luud, sidekude, vööt- ning silelihast ja närvikude. Neist objektidest nähtub loomsete kudede ehituse mitmekesisus. Näiteks näevad õpilased epiteeli vaatlemisel mikroskoobi all, et kudedel võib olla selge rakuline ehitus; vöötlihase vaatlemisel võib saada kujutluse süntsüütiumist (laatrakustikust); kõhre, luu või sidekoe vaatlemine annab kujutluse rakkudevahelisest ollusest (homogeenne kõhres, kiuline sidekoes). Loeteldud kudede

vaatlemine näitab õpilastele, et kõigis kudedes — epiteelis, kõhres, luus ja närvikoes — on rakke. Mikroskoobiliste preparaatide vaatluste tulemusena tehakse järeldus, et rakkude olemasolu on iseloomulikuks üldtunnuseks peaaegu kõigi (välja arvatud süntsütiaalsete) kudede ehitusele.



Joon. 8. Kõhrkude.

Vere ja lümfi morfoloogiaga on otstarbekohane tutvuda teema „Veri ja vereringe" käsitlemisel. Vaevalt on tarvis õpilastele anda käsitust verest ja lümfist kui „vedelatest kudedest"; neile on palju arusaadavam mõiste verest ja lümfist kui organismi sisekeskkonnast.

Õpilaste tutvustamine kudede ehitusega peab toimuma mikroskoobiliste preparaatide abil. Õppetarvete-kauplustest ostetud mikroskoobilisi preparaate histoloogia alalt võib kasutada ainult osaliselt. Need on määratud kõrgemaile

õppeasutistele ja on keskkooli jaoks enamikul juhtudel liiga keerukad. Need preparaadid kujutavad endast mitmesuguste elundite lõike. Neil on mikroskoobi vaatepiiril ühtaegu näha mitmesuguseid kudesid, mistõttu nende vaatlemisel on kaunis raske õpilaste tähelepanu keskendada ainult ühele õpitavale koele. Seepärast tuleb ostetute kõrval sageli kasutada endatehtud mikroskoobilisi preparaate. Juhendid nende valmistamise tehnika kohta toome allpool.

Epiteel- ja kõhrkoe preparaadid. Epiteelkoe preparaat valmistatakse konna marrasknahast (lk. 87).

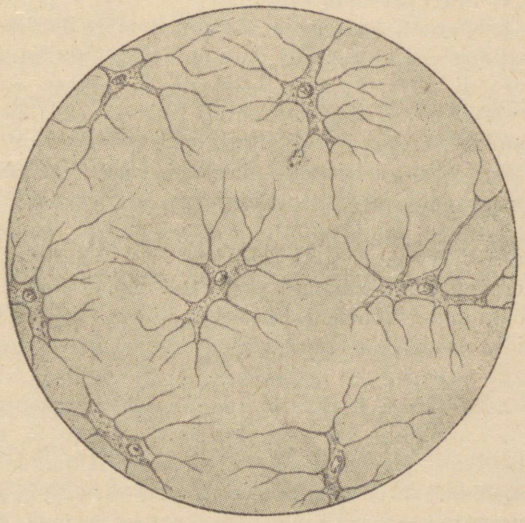
Kõhrkoe preparaat tehakse konna rinnaku (mõõkjätke) kõhrelisest lestmest. Noor konn lahatakse ja tema rinnakust lõigatakse kääridega välja kõhreline leste. See puhastatakse hoolsasti teda katvaist lihaseist ja kudedest. Siis lõigatakse väike kõhretükike, pannakse füsioloogilisse lahusesse ja värvitakse tilga violetse tindiga. Niisugusel preparaadil on näha küllalt suuri heledaid rakke tuumaga keskel. Rakud on näiliselt täiesti homogeenses vedelikus laiali pillatud (joon. 8).

Koheva sidekoe preparaat. Koheva sidekoe preparaat valmistatakse mõne väikese looma — hiire, roti, küüliku, kassi või teiste nahaalusest kohevast sidekoest, mis võetakse äsjatapetud loomalt. Lõigatakse ära tükike kohevat sidekude, mis ühendab nahka allpool asetsevate lihastega, ja tõmmatakse see kiirelt nõeltega esemeklaasil sirgeks. Siis lisatakse tilk füsioloogilist lahust ja vaadeldakse preparaati mikroskoobi all. On näha sirgeid, peenikesi elastseid kiude ja laiemaid looklevaid paelu — liimi andvate kiudude kimbud. Ilma spetsiaalselt selleks värvimata pole rakud nähtavad.

Vöötlihaskoe preparaat. Vöötlihaskoe preparaat valmistatakse järgmiselt. Tapetud konnal lõigatakse nahk kõhupoolelt ära. Lõigatakse välja väike tükike sirglihasest. Lõigatud lihasetükike pannakse esemeklaasile füsioloogilise lahuse tilgasse ja lõhestatakse pikuti nõelte abil. Preparaat värvitakse tavalise violetse või punase tindiga (20—30 minuti kestel) ja kaetakse katteklaasiga. Mikroskoobi all võib selgesti näha, et lihaskude koosneb ristivöödilistest kiududest. Samuti on näha pikaksvenitatud tuumi, mis asetsevad kiudude pinna läheduses.

Ristivöötsus on eriti hästi täheldatav putukate — rohutirtsu,

maipõrnika, jooksiku, sitasitika, ujuri, kiili jt. lihastel. Putukaid hoitakse esialgu 2—3 päeva 10%-lise formaliinilahuse ja 6%-lise lämmastikhappe segus või siis piirituses. Seejärel avatakse väikeste kääridega putuka tagumisel jalal reie kitiinkate ja tõmmatakse sealt reie lihased välja. Pesnud lihaskiude 3—5 minutit vees, värvitakse nad violetse või punase tindiga või siis mustikalahusega (20—30 min.) [1]. Värvitud preparaati pestakse uuesti voolavas vees



Joon. 9. Kogre lõpuskaane luukude.

niikaua, kuni kiukesed omandavad sinise värvuse. Pärast seda pannakse preparaat esemeklaasile, lõhestatakse üksikuiks kiukesteks, kallatakse vee- või glütseriinitilk peale ja kaetakse katteklaasiga.

[1] Mustika vesilahus valmistatakse järgmiselt: 100 g-le hästi katkipigistatud marjadele kallatakse 300 cm^3 puhast vett ja keedetakse 20—30 minutit, misjärel vedelik kurnatakse. Saadakse tume vaarikpunase värvusega ekstrakt, mida tarvitataksegi tuumade värvimiseks. Mustika vesilahus hallitab kergesti, seepärast peab teda enne tarvitamist kurnama.

Silelihaskoe preparaat. Silelihaskoe preparaat valmistatakse konna soole või kusepõie tükikesest. Väljalõigatud tükikesed pannakse ööpäevaks 20%-lisse lämmastikhappe-lahusesse. Pärast seda pestakse koetükikesi rohkes vees (vastasel korral tõmbuvad lihaskiud tugevasti kokku). Siis värvitakse preparaat tavalise punase tindiga (25—30 min.) ja pestakse pärast seda uuesti veega. Kergelt kuivatatud kude lõhestatakse nõelaga ja pannakse vee- või glütseriinitilgasse. Niisugusel preparaadil on peenikesed värtnakujulised silelihaskoe rakud hästi nähtavad.

Luukoe preparaat. Luukoega tutvumist võib korraldada kalade (kogre, lepamaimu jt.) väikeste eksemplaride lõpuskaanest valmistatud preparaadi abil. Selleks keedetakse väikese kalakese pea ära ja puhastatakse siis sidekoest ning lihastest. Eraldatakse lõpuskaas, mis pannakse rasva kõrvaldamiseks piiritusse. 1—2 päeva pärast võetakse välja ja kuivatatakse õhu käes. Preparaati vaadeldakse veega lahjendatud glütseriinitilgas. Mikroskoobi all on näha luu põhiollus temas laialipillatud rohkearvuliste õõntega, millest väljuvad peenikesed harulised kanalikesed. Värskes luus leidub igas õõnes luurakk, mille harud asetsevad kanalikestes. Kuivatatud preparaadis on aga luuõõned ühes kanalitega õhuga täidetud ja paistavad mikroskoobi all tumedate tähekujuliste moodustistena (joon. 9).

Töövahendid (kõigi ülalmainitud endatehtud preparaatide valmistamiseks). Konn, hiir või rott. Putukad (rohutirts, maipõrnikas, jooksik, sitasitikas, ujur, kiil või teised). Lepamaim, koger või teised. Mikroskoobid. Väikesed anatoomilised käärid. Skalpell. 2 pintsetti. 2 prepareerimisnõela. Pipett. 2—3 prepareerimisvanni. Esemeja katteklaasid. Lehter. Alustass. Lämmastikhape, 6 ja 20%-lised lahused. Glütseriin. Piiritus. Füsioloogiline lahus külmaverelistele. Vastavalt kasutada olevate mikroskoopide hulgale teostatakse kudede vaatlemist kas demonstreerimise teel või laboratoorsete tööde näol.

Loomsete kudede vaatlemine mikroskoobi all. Laboratoorsete tööde teostamiseks tuleb õpilaste jaoks muretseda ostetud või endatehtud preparaadid. Viimased valmistatakse pisut aega enne tundi. Nende valmistamisega tunnis tegelda on ebaotstarbekas, sest selleks kuluks suur osa tunnist. Loomsete kudede demonstreerimine organiseeritakse samasugusel viisil, nagu eespool õpetatud. Enne

preparaatide vaatlemist mikroskoobi all selgitab õpetaja õpilastele tabelite varal loomsete kudede ehitust. Tabelid on valmistatud varem neist preparaatidest, mida õpilastele kavatsetakse demonstreerida. Tabelite eelnev vaatlemine kergendab, nagu juba mainitud, mikroskoobilise pildi mõistmist. Vihikuisse peavad õpilased üles joonistama need koed, mida nad mikroskoobi all vaatlesid. Joonistele pannakse vastavad allkirjad: koe nimetus ja tema (rakkude, rakkudevahelise olluse jm.) ehituslikud üksikasjad.

Mõned andmed loomsete kudede evolutsioonist. Kokkuvõttes tuleb mõne sõnaga puudutada kudede evolutsiooni. Õpilastele võib tähendada, et vaadeldud koed on kõrgesti diferentseerunud ja spetsialiseerunud moodustised. Säärased nad pole loomadel mitte alati olnud. Igal koel on oma ajalugu. Evolutsioonikäigus on muutunud kudede ehitus ja ühes sellega ka nende funktsioonid. Koed, mis alamail loomadel üksteisest peaaegu ei erine, omavad kõrgemalt organiseeritud loomadel selgeid iseloomulikke eripärasusi.

Epiteelkude on kõige vanemaid kudesid. Peab arvama, et ta oli esimeste hulkraksete loomade ainukeseks koeks. Veel tänini on selliseid loomi, nagu ainuõõssed, kellel on selgelt diferentseerunud ainult epiteelkude, teised koed aga on algelises seisundis.

Primaarsete hulkraksete loomade epiteelkude oli algkoeks, millest edaspidi arenesid kõik teised koed. Kokkutõmbuvate kiukeste tekkimine epiteelirakkudes oli tõelise lihaskoe arenemise alguseks. Neist rakkudest moodustus edasisel arenemiskäigul silelihaskude. See sai omakorda kõige täiuslikuma lihaskoe — vöötlihaskoe arenemise lähtekohaks.

Ektodermi epiteelist on oma alguse saanud ka närvikude. Selle rakud tekkisid ektodermi tunderakkudest.

Evolutsiooni käigus toimus osa rakkude diferentseerumine jätke moodustumisega rakkude sisepinnale. See jätke on erutuse edasijuhtijaks organismi teistesse rakkudesse. Umbes sellel arenemisastmel tungib närvikude ektodermi alla, millega säilib ühendus jätkete kaudu.

Sidekoe esimesi algeid täheldatakse ainuõõssetel loomadel: ühtedel kiudude, teistel üksikute haruliste rakkude kujul. Need tekivad sültjas massis, mis areneb nende loomade ektodermi ja entodermi vahel. Sültja massi harulised rakud moodustuvad ektodermist ja entodermist. Sültjas mass täidab kaht funktsiooni: ta etendab toestamise osa ja ühes sellega teostub tema kaudu kudedevaheline side. Evolutsiooni käigus arenesid sellest algelisest sidekoest kõik sidekoe eri kujud.

Kõhr- ja luukude pärinevad sidekoest. Need koed tekivad ainult kõrgemalt organiseeritud hulkrakseil loomadel.

6. Raku avastamise ajalugu ja rakuteooria elemendid.

Tutvumine raku avastamise ajaloo ja rakuteooriaga on õpitava teema põhimisi momente. Sellega peab õpilasi tutvustama vestlus-loengul teema läbivõtmise lõpul. Seks ajaks omavad õpilased rakust ja kudedest juba konkreetseid teadmisi, mis on vajalikud rakuteooria põhiseisukohtade õigeks mõistmiseks. Lõppvestluse materjali võib esitada säärases järjestuses:

1. Raku ja tema peaosade (kesta, protoplasma, tuuma) avastamise ajalugu ühenduses mikroskoobi leiutamise ja täiendamisega.

2. Rakuteooria ja tema tähtsus bioloogiliste teaduste ja materialistliku maailmavaate arenemise ajaloos.

3. Hulkrakne organism kui ühtne tervik.

Sellise järjestuse dikteerib loeteldud küsimuste sisu ise. Aga ka metoodiliselt seisukohalt on antud esitamis-

plaan väga otstarbekohane, sest organismide rakulise ehituse teooria üldkokkuvõtteid ja järeldusi on kõige parem rajada konkreetseile ajaloolistele faktidele.

Kokkuvõtte organismist kui ühtsast tervikust võib anda ainult pärast rakuteooria põhiseisukohtadega tutvumist. Sellepärast see ongi vestluse lõppmomendiks.

Raku avastamise ajalugu. Tutvustades õpilasi raku avastamise ajalooga, peab tähelepanu juhtima kõige tihedamale seosele selle tähtsa avastuse ja mikroskoobi leiutamise vahel. Peab samuti näitama, et ka edasine teadmiste kogumine raku kohta oli kõige tihedamas ühenduses mikroskoobi ja mikroskoobilise tehnika täienemisega. Tuleb lühidalt jutustada, kuidas mikroskoobi konstruktsioon on Hooke'i ajast meie ajani keerukamaks muutunud.

Läätsede täienemine aitas mikroskoobi suurendusvõimet märgatavalt tõsta. Nii näiteks suurendas Hooke'i mikroskoop ainult 100 korda, Leeuwenhoek'i oma 160 korda, nüüdisaegsed mikroskoobid aga annavad juba 3000-kordse suurenduse. Hoolimata oma tehnilisest ebatäiuslikkusest võimaldas Hooke'i mikroskoop selgesti näha organismi koostusosi — rakke. Raku avastamine oli suurima tähtsusega fakt. See oli tõukeks taimede ja loomade mikroskoopilise ehituse edasisele süvendatud uurimisele, mis omakorda andis tõuget mikroskoobi täiendamisele. Pole vajadust tuua suurt hulka organismide rakulise ehituse uurimisega seoses olevaid daatumeid ja nimesid. Peale viite Hooke'ile (1667), kes avastas raku, võib õpilastele veel nimetada Purkinje'd (1825), kes avastas tuuma loomarakus ja andis terminid „protoplasma" ja „tuum", ning Max Schultze't (1861), kes tegi kindlaks, et raku peaosadeks on tuum ja protoplasma, kest aga etendab kõrvalist osa. Õpilastelt ei tule kahe viimase nime kohustuslikku meelespidamist nõuda.

Niisiis näevad õpilased, et vajati tervelt kaks sajandit selleks, et Hooke'i „rakukestest" jõuda õige kujutluseni raku ehitusest ja tema üksikute osade tähtsusest.

Organismide rakulise ehituse teooria. Edasi tuleb siirduda organismide rakulise ehituse teooriaga tutvumisele. Kõigepealt peab tähendama, et XVII — XVIII sajandi jooksul toimus peamiselt üksikute teadmiste kogumine taim- ja loomorganismides esinevate rakkude kohta. Alles XIX sajandil tegid saksa õpetlased — botaanik Schleiden (1838) ja anatoom Schwann (1839) — esimese üldistuse: kõik taim- ja loomorganismid koosnevad rakkudest. Niiviisi on Schleiden ja Schwann nn. rakuteooria rajajad.

Raku definitsioon ja organismide rakulise ehituse avastamise tähtsus kogu ulatuses on kindlaks määratud F. Engelsi poolt: „Teiseks, olgugi ajalt varasemaks avastuseks on Schwann'i ja Schleiden'i poolt orgaanilise raku kui selle üksuse avastamine, mille paljunemise ja diferentseerumise tulemusena tekivad ja kasvavad kõik organismid, välja arvatud alamad"[1]. Õpilastelt ei tarvitse nõuda selle tsitaadi meelespidamist, kuid organismide rakulise ehituse küsimuse käsitlemine peab toimuma F. Engelsi poolt avaldatud mõtete valgustusel.

Raku avastamisele ja rakuteooria rajamisele andis F. Engels suure tähtsuse. Ta seadis tähtsuselt raku avastamise kõrvuti energia muundumise avastamisega ja Darwin'i evolutsiooniteooriaga. Nende avastuste väärtus seisis selles, et nad juurteni kõigutasid religiooni õpetust

[1] F. Engelsi järgi oli esimeseks avastuseks energia muundumise tõestamine („Looduse dialektika", lk. 215. Partei väljaanne, 1932).

orgaanilise maailma muutumatusest, osutudes tema ühtsuse üheks väga tähtsaks tõestuseks.

Organismide rakulise ehituse teooria selgitamisel tuleb peatähelepanu pöörata järgmisele kahele põhilisele seisukohale:

1. Kõik loom- ja taimorganismid omavad rakulist ehitust [1].

2. Kõik hulkraksed taim- ja loomorganismid on tekkinud ja arenenud ühest rakust.

Rakuteooria rajamine etendas bioloogia arenemises tohutut osa. Ta andis kaheldamatud tõendused taimede ja loomade ühisest päritolust, millega pandigi alus orgaanilise maailma arenemise õigele käsitusele. Samuti avaldas rakuõpetus määratut mõju bioloogia, arstiteaduse ja põllumajanduslike teaduste arenemisele.

Organism kui ühtne tervik. Vestluse lõpposas käsitellakse organismi kui ühtsa terviku küsimust. Selle küsimuse mõistmine teeb õpilastele suuri raskusi. Asi seisab nimelt selles, et organismi kui ühtsa terviku mõistet saab põhjalikumalt käsitella ainult pärast inimese anatoomia ja füsioloogia kogu kursuse läbivõtmist. Siiski tuleb seda küsimust puudutada ka juba käesoleva teema puhul. Ilma selle küsimuse selgitamiseta võivad õpilastel tekkida hulkraksest organismist väärad, mehhanistlikud kujutlused. Selle küsimuse juurde tuleb kursuse iga järgneva teema puhul tagasi pöörduda, rõhutades koostööd elundite ja organismi kui terviku vahel. Aasta lõpul tuleb tingimata eraldada tund, milles kursuse jooksul kogunenud materjali põhjal veel kord läbi arutatakse küsimus organismist kui ühtsast tervikust. Siis on õpilastel juba käsutada hulk faktilist materjali, mille abil on võimalik organismi kui

[1] Mitterakulistest organismidest on inimese anatoomia ja füsioloogia kursuses ebaotstarbekohane kõnelda.

terviku ja tema üksikute osade vahelist vastastikust seost sügavamalt käsitella.

Käesolevas vestluses tuleb kasutada neid teadmisi, mida õpilased on saanud botaanika ja zooloogia kursuses, samuti teema „Rakk ja koed" läbivõtmisel.

Organismi kui ühtsa terviku mõistele on kergem läheneda kõige üldisemate, igale hulkraksele organismile tüüpiliste omaduste selgitamisega. Neid omadusi võib näidata hulkraksete taimede ja loomade üksikute esindajate juures. Hulkrakse looma näitena võime võtta õpilastele hästi tuntud konna.

Kasutades tabelit, millel on kujutatud lahatud konn, tuleb õpilastele meenutada selle looma keha välis- ja sisejaotust. Konna keha, mis on kaetud pehme limase nahaga, võib jaotada kolme ossa: p e a, k e r e ja j ä s e m e d. Kuid keha liigendamine läheb kaugemale: konna keha (ühtne organism) jaguneb reaks e l u n d i t e k s ja s ü s t e e m i d e k s, mis täidavad neid või teistsuguseid funktsioone. Näiteks on nahk keha siseosade kaitse-elundiks, hingamiselundiks jne.; toidu vastuvõtmise ja seedimise funktsiooni täidab rida seedesüsteemi elundeid, mille hulka kuuluvad suuõõs keele ja hammastega, söögitoru, magu, soolestik ja seedemahlu nõristavad näärmed. Vereringesüsteem varustab kõiki elundeid toitainetega, hapnikuga jne.

Meenutanud niiviisi loomorganismi elundeid ja nende funktsioone, peab õpetaja konkreetsete näidete varal õpilastele selgitama järgmisi momente:

1. Vastastikune seos üksikute elundite vahel.

2. Organismi osade — elundite sõltuvus kogu organismist.

3. Kogu organismi sõltuvus tema üksikuist osadest — elundeist.

Üksikute elundite vahelist vastastikust seost võib selgitada järgmise näite varal. Nahk täidab teiste elundite suhtes kaitsefunktsiooni. Ilma nahata nad ei saa normaalselt funktsioneerida. Kuid kattes organismi on ka nahk ise teistest elunditest sõltuv ega saa samuti ilma nendeta eksisteerida. Nii vajavad näiteks naha rakud normaalseks elutegevuseks toitaineid. Neid toitaineid võib nahk saada ainult seede-elundeilt. Aga nahk pole viimastega vahetult ühenduses. Ühendavaks lüliks naha ja seede-elundite vahel on vereringesüsteem. Sellest näitest nähtub, et iga elund loomorganismis täidab mingisugust funktsiooni, mis on vajalik teistele elunditele ja organismile tervikuna. Organismi tegevus sõltub omakorda kõigi elundite normaalsest tegevusest.

Elundite sõltuvust organismist võib selgitada ka katsete varal, mis on tehtud isoleeritud elunditega.

Ühe katse puhul elas konna isoleeritud süda umbes 33 päeva, imetaja looma süda umbes 5 päeva. Prof. Kravkov lõikas värskeilt inimlaipadelt sõrmed ära ja juhtis neisse toitaineid. Sõrmedes jätkus elu teatava aja jooksul. Sõrmede elu avaldus väliselt selles, et nad higistasid ja nende küüned kasvasid. Alles hiljuti hoidsid nõukogude õpetlased Brjuhhonenko ja Tšetšulin äralõigatud koera peal 2½ tunni jooksul elu sees. Selleks ühendasid nad koera pea isoleeritud kopsudega ja lasksid eriaparaadi abil, mis asendas südant, vere läbi kopsude, enne kui see jõudis isoleeritud peasse. Koera pea reageeris ärritustele. Tal ahenesid silmaavad, ta pilgutas silmi ja nõristas sülge.

Nagu neist katseist näha, võivad isoleeritud elundid teatava aja elada väljaspool organismi. Kuid isoleeritud elundid elavad ainult ühel ja väga tähtsal tingimusel — kui neile luuakse umbes samasugune k e s k k o n d nagu t e r v i k l i k u s o r g a n i s m i s k i. Mida keerukam on

seejuures isoleeritud osa, seda lühemat aega ta võib elada organismist väljaspool. Kui väljalõigatud elundil puuduvad need tingimused, sureb ta kiiresti.

Kogu organismi sõltuvust tema üksikuist elundeist võib selgitada kas või säärase näite varal: kui looma organismist kõrvaldada mingi elund — süda, kopsud, neerud — või elundsüsteem — seede-, hingamissüsteem, siis organism sureb. Ilma nendeta ta ei saa elada.

Niisuguste lihtsate ja arusaadavate näidete abil antakse õpilastele esimene elementaarne kujutlus hulkraksest organismist kui ühtsast tervikust. Näidatakse seos ja vastastikune koostöö elundi ja organismi kui terviku vahel.

Nende näidete taustal võib kriitilise hinnanguga läheneda vaadetele organismist kui rakkude summast. Eriti selgelt formuleeris oma kujutluse hulkraksest organismist saksa õpetlane R. Virchow (1858). Tuginedes seisukohale, et iga rakk tekib samuti rakust, kinnitas Virchow ekslikult, et rakk on elementaarne iseseisev organism, organism aga on rakkude summa — „rakkude riik".

Selle teooria põhiline viga seisab rakkude individualiseerimises. See tekkis üksikosade lubamatust vastuseadmisest tervikule, ekslikust analoogiast hulkraksete loomade rakkude ja ainuraksete loomade rakkude vahel.

Tõepoolest, miks ei tohi hulkrakse organismi rakku võrrelda ainuraksete organismidega? Milles seisab nende vahe? Ainurakne organism on vabalt elav iseseisev üksikolend, hulkrakse organismi rakk aga on osa tervikust ega saa olelda väljaspool seda tervikut. Niisugustele järeldustele jõuti samuti katsete põhjal kudede kultuuridega. Need katsed näitasid, et isoleeritud rakk, mis toitekeskkonna koostise suhtes on paigutatud kõige paremaisse elutingimustesse, ei saa paljuneda ja on määratud hukkumisele.

Väljalõigatud koe-osa võis elada ja areneda ainult sel juhul, kui ta koosnes kas või mõnestki rakust.

Järelikult on koes rakkude vahel olemas koostöö. Kude ei tohi vaadelda kui lihtsat rakkude summat. Kude on raku suhtes kõrgemat liiki moodustis.

Küsimus isoleeritud kudede ja elundite kultuurist annab erakordselt tänuväärse võimaluse teaduslike andmete vastandamiseks usuliste kujutlustega elunähtustest. Usulisest vaatepunktist juhib organismi eluprotsesse eriline, mittekehaline jõud — „surematu hing". Selle „hinge" organism just kui kaotaks surma silmapilgul. Ometi teame, et rakkude ja kudede surm on seotud rakkude olluses toimuvate eluprotsesside lakkamisega, nende olluste hävimisega ja nende eksisteerimiseks normaalsete tingimuste lõppemisega. Seda kinnitavad rohkearvulised katsed värskeilt laipadelt võetud isoleeritud elundite ja kudede kultuuri alal. Organismi kui terviku surmaga ei hävi kõik tema koed ja rakud samaaegselt. Kui need, alles elavad koed laibast välja võtta ja neile eluks vajalikud tingimused luua (toitained, hapnik, temperatuur jm.), siis nad elavad ja arenevad edasi. A. Carell'i tuntud katses elab kana loote südamest võetud kude toitelahuses juba veerand sajandit (alates 1912. aastast), elab kauemini, kui normaalselt võib elada kana. Nende teaduslike katsete tulemused on selgemaid tõendeid usuliste kujutluste ekslikkusest eluprotsesside suhtes.

Nende näidete abil saab õpilastele selgitada, et asi ei seisa siin mitte mingis „hinges", vaid meile hästi tuntud materiaalseis protsessides, mis kulgevad rakuolluste materiaalses keskkonnas väliskeskkonna teatavate materiaalsete tingimuste puhul.

Õpilaste klassiväline töö teema puhul „Rakk ja koed".

Ettekanded ja referaadid. Teema puhul „Rakk ja koed" tutvuvad õpilased rea küsimustega, nagu rakulise ehituse uurimise ajalugu, mikroskoobilise tehnika arenemise ajalugu, kudede kultuur jne. Tavaliselt äratavad need küsimused õpilastes suurt huvi. Seoses sellega tuleb organiseerida antud küsimuste süvenenumat tundmaõppimist õpilaste ettekannete ja referaatide korraldamisega ning diapositiivide ja kinofilmide vaatlemisega noorte füsioloogide ringis.

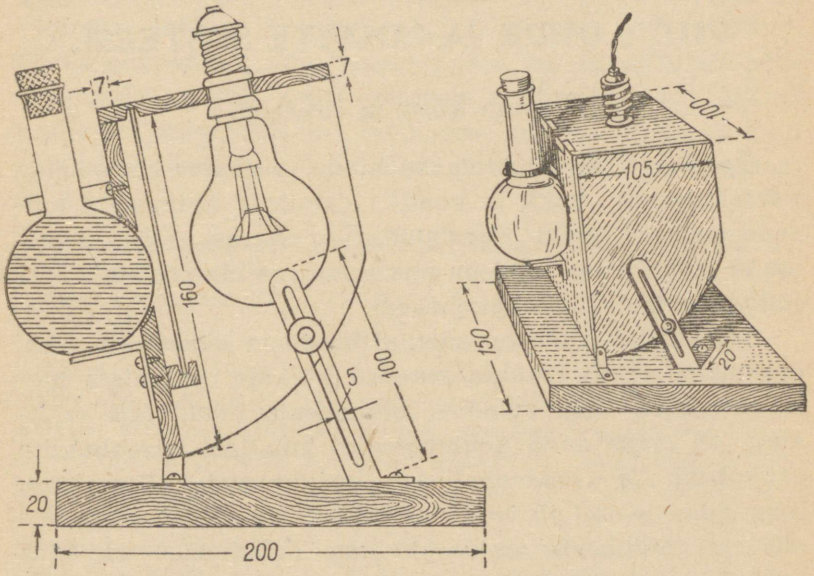
Suurt huvi pakub samuti ekskursioonide korraldamine füsioloogide ringiga vastavaisse teaduslikesse laboratooriumidesse.

Mikroskoobiliste preparaatide valmistamine. Mikroskoobiliste rakkude- ja kudede-preparaatide valmistamisesse suhtuvad õpilased suure huviga. Nad omandavad mikroskoobiliste preparaatide valmistamise tehnika kergesti. Juhendid rakkude ja kudede preparaatide valmistamiseks leiduvad leheküljel 96. Siin toome ainult närviraku preparaadi valmistamise kirjelduse. Hangitakse (tapamajast või lihakauplusest) vasika kaelast värske tükk seljaaju. Sellest lõigatakse välja väike (2—3 cm pikkune) tükike, mis lõhestatakse pikuti pooleks. Kaabitakse skalpelliga hallollust ja määritakse seda õhukese kihina esemeklaasile. Äigele lisatakse tilk lahjendatud violetset tinti ja kaetakse katteklaasiga. Tuleb silmas pidada, et mitte alati ei õnnestu korraga valmistada head preparaati, milles esinevad vigastamatud närvirakud kõigi oma harudega. Valmistamise tehnikat peab harjutama, ainult siis saab preparaat hea.

Närviraku preparaadi valmistamiseks võib rakendada ka teist meetodit. Vasika seljaaju hoitakse ööpäeva kestel 4%-lises formaliinilahuses või piirituses. Siis pestakse aju veega. Terava habemenoaga valmistatakse aju hallollusest õhukesed ristilõigud. Need värvitakse, asetades nad mõneks minutiks violetse tindi lahusesse. Mikroskoobi all vaatlemiseks pannakse nad glütseriini- või veetilgasse. Olenedes sellest, kust lõige on tehtud, võivad preparaatidel näha olla mitmesuguse kujuga närvirakud. Neis on alati märgata tuumi ja vahel on näha isegi rakkudest väljuvaid jätkeid. Valmistatud preparaatide uurimise ajal on soovitav neist joonised teha. Hästi tehtud jooniseid võib klassis kasutada õppevahenditena.

Töövahendid. Vasika selgroo lõik seljaajuga. Mikroskoop. Pakksaag. Käärid. Skalpell. Habemenuga. Eseme- ja katteklaasid. 4%-line formaliinilahus. Violetne tint.

Töövahendite valmistamine mikroskoobiga töötamiseks. Õpilased võtavad meeleldi enda peale mitmesugust liiki töövahendite valmistamise, mis kergendab tööd mikroskoobiga, näiteks okulaari



Joon. 10. Endatehtud valgustaja mikroskoobile.

osuti või valgustaja valmistamise mikroskoobile. Leheküljel 83 on õpetatud, kuidas okulaari osutit ise teha. Valgustaja konstrueerimist näitab joonis 10. Valgustaja kujutab endast puust kaitsevarju, millesse on paigutatud tavaline 25—40-küünlane hõõglamp. Kaitsevari on liikuvalt kinnistatud puualusele. Sarniiri abil võib talle ükskõik missuguse kallaku anda.

Endatehtud valgustajas tarvitatakse läätsena ümmargust veega täidetud kolbi.

Kolbi toetab alt lauake, ülalt — vedrunäpits. Kolvi maht on 250—300 cm^3.

Kaitsevarjusse pannakse lambi ette mattklaas. Seda võib saada fototarvete-kauplustest.

VIII. LUUDE JA LIHASTE SÜSTEEM.

Teema koht ja tähtsus.

Õppekava järgi tutvutakse luude ja lihaste süsteemiga pärast teemat „Rakk ja koed". Stabiilses õpikus on kursuse materjal teisiti järjestatud. Õppekavas näidatud teemade läbivõtmise kord on aga terve rea metoodiliste kaalutluste põhjal otstarbekohasem.

Teadmistele, mis on saadud luude ja lihaste süsteemi õppimisel, tuleb toetuda kursuse kõikide järgmiste teemade puhul. Ilma eelneva tutvumiseta luustikuga tervikuna on raske anda konkreetseid kujutlusi siseelundite asukohast ja omavahelisest paigutusest. Vereringe, hingamise ja toitumisega tutvumine ilma eelteadmisteta sile- ja vöötlihaste ehitusest ning omadustest ei anna samuti soovitud tulemusi. On täiesti selge, et õpilased ei või saada õiget kujutlust südame tööst, vere liikumisest, sisse- ja väljahingamis-protsessist, toidu edasiliikumisest seedekulglat mööda, kui neil pole eelteadmisi inimese keha lihastest ja nende omadustest. Luude ja lihaste süsteemi materjal on oma sisult õpilastele kättesaadavam kui teiste teemade materjal. Selle tundmaõppimisel võib märksa suuremal määral kui teiste elundsüsteemidega tutvumisel toetuda vaatlustele omaenda keha juures. Selle teema materjali põhjal on täielik võimalus näitlikult rõhutada sarnaseid ja erinevaid jooni inimese ja selgroogsete loomade luustiku ehituses. Loomulikult on kursuse algu-

ses luude ja lihaste süsteemi tundmaõppimisel anatoomilise iseloomuga küsimused füsioloogia küsimuste suhtes ülekaalus. Viimaseid käsitellakse ainult kõige elementaarsemal kujul. Põhjalikuma käsitlemise jaoks ei ole õpilastel orgaanilise keemia alalt vastavaid teadmisi. Niisugustest nähtustest, nagu lihaste kokkutõmbuvus, töö ja väsimus, antakse õpilastele kujutlus ainult kui faktidest. Oleks enneaegne selle teema puhul õpitud materjali alusel püüda seletusi anda säärasele nähtusele, nagu lihaste väsimus. Selle protsessi olemusest saavad õpilased õieti aru alles pärast närvisüsteemi ja ainevahetuse tundmaõppimist.

Mida õpilased peavad omandama. Teema „Luude ja lihaste süsteem" läbivõtmisel peavad õpilased omandama teadmisi umbes järgmises ulatuses.

1. Teadmised anatoomia alalt. Inimese luustiku ehitus: 1) kolju — laubaluu, kaks kiiruluud, kuklaluu, kaks oimuluud, kiilluu ehk põhiluu (kolju ajuosa — ajukolju); ülalõualuud, suulaeluud, ninaluud, sahkluu, sõelluu, sarnaluud, alalõualuu (kolju näo-osa); 2) selgroog — kaelalülid, rinnalülid, nimmelülid, ristluulülid (ristluu), sabalülid; selgroolüli ehitus: keha, kaar, mulk; ogajätke, risti- ja liigesjätked, selgrookanal; 3) rinnakorv — roided (tõelised roided, ebaroided ja vallasroided), rinnak, roiete ehitus ja nende kinnistumine selgroolülide ning rinnaku külge; 4) õlavööde — abaluud, rangluud; 5) vaagnavööde — puusaluud ja ristluu; 6) ülemine jäse — õlavarreluu, küünarluu ja kodarluu, ranne, kämmal ja sõrmede luud; 7) alumine jäse — reieluu, säärе- ja pindluu, kanna, pöia ja varvaste luud.

Inimese keha luustiku eriomadused seoses keha püstise seisanguga. Luude sisemine ehitus — luuümbris, plink- e. tihkeollus ja käsnollus, üdi. Luude seond — liikuv (liiges) ja liikumatu (liidus). Liigese ehitus — sidemed, liigesepaun, liigesepinnad, liigesekõhr, liigesevõie. Inimese keha lihased: 1) pea lihased — laubalihas, silma ja suu sõõrlihased, mälumislihased; 2) kere lihased — suured rinnalihased, saaglihased, kõhu sirglihased, kõhu põikilihased, diafragma, roietevahelised lihased; 3) ülemise jäseme lihased — deltalihas, kakspealihas, kolmpealihas;

4) alumise jäseme lihased — tuharalihased, reie nelipealihas, reie keskpealihas, sääremarjalihas, eesmine säärelihas.

Lihaste ehitus — lihase kest, lihase keha, kõõlused.

2. *Teadmised histoloogia alalt.* Sidekoe, kõhrkoe, luukoe, sile- ja vöötlihaskoe ehitus. Närviraku ehitus. Närvilõpmed lihastes.

3. *Teadmised füsioloogia alalt.* Luude kasv ja arenemine. Kokkutõmbuvus — lihaskoe põhiomadus. Sile- ja vöötlihaste kokkutõmbuvus. Lihaste üksik- ja tetaaniline kokkutõmbuvus. Lihaste töö — dünaamiline ja staatiline. Lihaste väsimus. Lihaste tegevuse mõju organismile.

4. *Teadmised keemia alalt.* Luu koostis: orgaaniline (osseiin) ja anorgaaniline ollus (lubi ja teised mineraalsoolad). Keedusool. Soolhape.

5. *Teadmised füüsika alalt.* Kõvadus. Vetruvus. Elastsus. Haprus. Raskustung. Töö. Energia. Elektrivool. Alalis- ja vahelduvvoolu mõiste. Elektrivoolu ahel. Ühendatud ja katkestatud ahela mõiste. Mitmesugust liiki lülitid. Galvaani element. Induktsioonpool.

6. *Teadmised tervishoiu alalt.* Selgroo kõverdused. Lampjalg. Liigesenihestus. Luumurd. Kehalised harjutused. Töö ja puhkuse vaheldumine.

Teema läbivõtmise plaan. Teema läbivõtmine võib toimuda niisuguses järjestuses: 1. Inimese kehaehituse üldine ülevaade. 2. Inimese luustiku ehitus. 3. Luude seondid. 4. Luude ehitus, koostis ja kasvamine. 5. Lihaste ja lihaskoe ehitus. 6. Kokkutõmbuvus — lihaskoe põhiomadus. Lihaste töö ja väsimus. 7. Inimese keha lihaste üldülevaade.

Antud teema läbivõtmiseks on programmis eraldatud 10 tundi. Selle aja võib jaotada umbes järgmiselt: „Inimese kehaehituse üldülevaade" ja „Sissejuhatus teemasse" — 1 tund. „Inimese luustiku ehitus" — 2 tundi. „Luude seondid, luude ehitus, koostis ja kasvamine" — 2 tundi. „Lihaste ja lihaskoe ehitus" — 1 tund. „Kokkutõmbuvus — lihaskoe põhiomadus", „Lihaste töö ja väsimus" — 2 tundi. „Inimese keha lihaste üldülevaade" — 1 tund. Kordamine ja materjali omandamise arvestus — 1 tund.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmiseks.

1. Inimese luustiku üldine ehitus.

Inimese luustiku ehitusega tutvumist on kõige otstarbekohasem teostada kohe teema käsitlemise alguses. Nii sugust materjali järjestamist tingib rida kaalutlusi.

Kõigepealt saavad õpilased töö algusest peale õige kujutluse luustikust kui keha toest tervikuna ja tema tähtsusest inimese keha liigutustes. Esialgne tutvumine luustikuga tervikuna kindlustab arusaamist tema üksikute osade ehitusest ja funktsioonidest.

Järgnevaid küsimusi, nagu luude ehitust ja kasvu, liigeste ehitust jne., võib käsitella juba konkreetse ja õpilastele tuttava materjali põhjal.

Üldülevaate andmine teemaga tutvumise alguses ei tee tavaliselt raskusi, sest õpilased omavad juba inimese ja loomade luustiku ehitusest mõningaid teadmisi, mida nad on saanud zooloogia kursuse läbivõtmisel. Neid teadmisi peab õpetaja õpilaste mälus uuendama.

Tutvustades õpilasi sissejuhatavas vestluses inimese luustiku üldise ehitusega, on äärmiselt tarvilik tuua näiteid, mis valgustavad usu pidurdavat mõju anatoomia arenemisele. On arusaadav, et inimkeha tundmaõppimine ilma laipade lahkamiseta on võimatu. Aga samal ajal keelasid mitmesuguste rahvaste usulised õpetused teadlastele mitte ainult laipade lahkamise, vaid isegi nende puudutamise (islami seadused ja Moosese seadusandlus).

Ristiusuõpetus keelas laipade lahkamise põhjendusel, et inimese keha olevat „püha vaimu tempel", et lahatud kehad ei saavat „hirmsal kohtupäeval surnust üles tõusta". Rooma katoliku kirik, kes ise on nii palju süütut verd valanud, nagu ei ükski teine kirik inimsoo ajaloos, keelas laipade lahkamise põhjusel, et „kirik suhtuvat tülgastusega verevalamisesse".

Keskajal oli ainult üksikuis riikides parimal juhul kord aastas lubatud toimetada hukatu laiba lahkamist. Arusaadavalt ei piisanud neist lahkamistest inimese kehaehituse tõsiseks uurimiseks. Et pääseda kiriku jälitamistest, olid tolle aja teadlased sunnitud salaja laipu hankima. Nii näiteks pidi anatoom Andreas Vesalius (1514—1564) oma teadusliku töö jaoks endale kalmistuilt laipu varastama ja võllaist hukatute jäänuseid hankima.

Erakordselt huvitav on õpilasi tutvustada selle õpetlase biograafiaga, kes julgelt tõstis oma häält autoriteetide vastu, keda kirik toetas, ja nii teaduse pärast oma eluga riskis (Galenos).

Inimese keha väline liigendamine. Teadmiste omandamine inimkeha luustiku ja lihastiku kohta sõltub teataval määral õpilaste teadmistest inimkeha välisest liigendamisest. Seepärast oleks väga otstarbekohane enne luustiku tundmaõppimist anda lühike ülevaade keha välisest liigendamisest. Selle lühikese, viie- kuni kümneminutise ülevaate puhul uuendavad õpilased oma mälus algkoolis ja zooloogia õpinguil IX klassis saadud teadmisi inimese kehaehituse kohta ja täpsustavad keha üksikute osade nimetusi.

Ülevaade antakse inimese keha kujutava tabeli abil. Üht ja teist seletatavast demonstreerib õpetaja iseenda või mõne õpilase juures.

Üldised juhendid luustiku tundmaõppimiseks. Ülevaade inimese luustikust antakse selle kava järgi ja selles ulatuses, nagu see on toodud stabiilses õpikus. Luustiku üksikute osadega tutvumisel vastandatakse neid kogu aja süstemaatiliselt inimese keha väliste osadega. Samuti juhitakse püsivalt tähelepanu luude funktsiooni ja ehituse vahelisele seosele.

Sellel tunnil tuleb demonstreerida luukere või äärmi-

sel juhul vastavaid tabeleid, inimese keha tüüpiliste selgroolülide komplekte ja luukere üksikuid luid.

Luukere demonstreerimist tervikuna peab täiendama õpilaste iseseisva tööga kättejagatud materjali abil. Miinimumina peavad õpilased tundma õppima kolju, käe ja jala luude ning tüüpiliste selgroolülide ehitust. Inimese selgroolülide komplekti puudumisel võib kasutada loomade (sea, lamba jt.) selgroolülisid. Tõsi küll, oma ehituselt nad erinevad inimese selgroolülidest, kuid nende abil võib siiski anda kujutluse selgroolülide ehituse tüüpilistest eriomadustest.

Selgroog. Selgroo tundmaõppimisel peab õpilastele andma kujutluse selgroolülide — kaela-, rinna-, nimmelülide ehitusest ja selgroo ehitusest ning funktsioonist tervikuna.

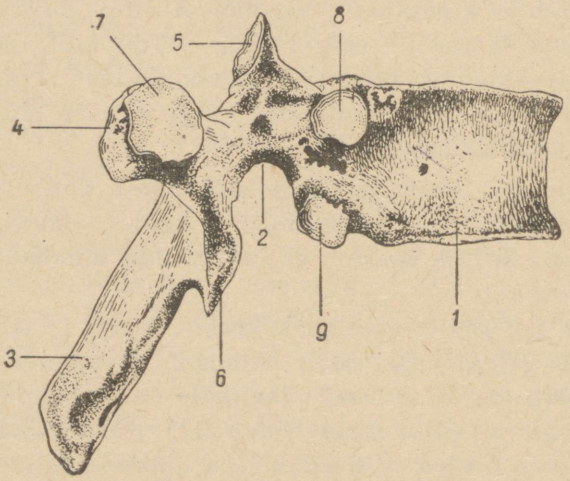
Enne kui asuda selgitama kaela-, rinna- ja teiste selgroolülide eripärasusi, peab näitama, missugused jooned lülide ehituses on üldised enamikule neist. Tüüpilise selgroolülina võib võtta rinna- (joon. 11) või nimmelüli. Lülil tähistatakse keha ja kaart, mis suleb lülimulgu, ogajätket, ristijätkeid ja liigesjätkeid.

Võrreldes kaela- ja nimmelülisid rinnalülidega, tehakse kindlaks, et need erinevad viimastest järgmiste tunnuste poolest:

1. Kõigis kaelalülide ristijätketes on mulgud, mida teistes lülides pole; nende mulkude kaudu kulgevad veresooned ja närvid [1]. Kaelalülide hulgast erinevad oma ehituselt eriti kaks esimest lüli. Esimesel kaelalülil (atlasel ehk kandelülil) pole keha. Tal on nagu kokkusurutud luuvõru kuju. See kahe nõgusa liigesepinnaga lüli liigestub kuklapõntadega. Võru sees, tema kokkupuute kohal teise

[1] Läbi seitsmenda kaelalüli ristijätke mulgu kulgeb ainult veen.

lüli hambakujulise jätkega, on liigesepind. Teise kaelalüli (epistroofeuse ehk pöördelüli) eritunnuseks on ülespoole suunatud hambakujuline jätke. See jätke on nagu teljeks, millel pöördub kolju esimese kaelalüliga. Allpool on teisel kaelalülil ülejäänud kaelalülide tüüpilised iseärasused.



Joon. 11. Rinnalüli: 1 — lüli keha; 2 — lüli kaar; 3 — ogajätke; 4 — ristijätke; 5 — ülemine liigesjätke; 6 — alumine liigesjätke; 7, 8, 9 — liigesepinnad.

2. Kõigi rinnalülide, välja arvatud üheteistkümnenda ja kaheteistkümnenda, iseloomustavaks tunnuseks on kehade ja ristijätkete külgmistel pindadel leiduvad liigeselohud roietega liigestumiseks.

3. Nimmelülid paistavad silma oma kehade massiivsuselt. Nende ogajätkete suund on peaaegu horisontaalne.

4. Ristluulülid on täiskasvanuil kokku kasvanud üheks luuks — ristluuks [1].

[1] Ristluulülide iseloomulikuks jooneks on nende keha vahetu üleminek ristijätketeks.

5. Sabalülid on vähe arenenud. Täiskasvanuil on nad samuti üheks luuks — sabaluuks (õndraluuks) — kokku kasvanud.

Ühel ajal selgroolülide ehituse tundmaõppimisega tuleb õpilastel tutvuda ka selgroolülide loomuliku asendiga selgroos. Õpilaste tähelepanu juhitakse sellele, et lülikeha on suunatud ettepoole, ogajätked — taha. Neid pole raske endal tagant rinna ja nimme piirkonnas kombelda. Asetades mitu lüli üksteisele näidatakse, kuidas nad omavahel liigestuvad. Lülide liigestumist demonstreeritakse ka luukere juures.

Eraldi tuleb peatuda kahe esimese kaelalüli omavahelisel liigestumisel ja ülemise kaelalüli liigestumisel kuklaluuga.

Pea liigestub kahe kuklaluust väljaulatuva kuklapõnda abil esimese kaelalüli liigesepindadega. Tänu sellele liigestumisele võib peaga noogutavaid liigutusi teha, s. t. teda ette ja taha painutada. Pea võib ühes esimese kaelalüliga ümber teise kaelalüli hambataolise jätke pöörduda, mille tagajärjel teostub pea pööramine vasakule ja paremale.

Selgroog tervikuna on painduv vetruv sammas. Ta kannab pea (pea kaalub umbes 4 kg), ülemiste jäsemete ja kere raskust.

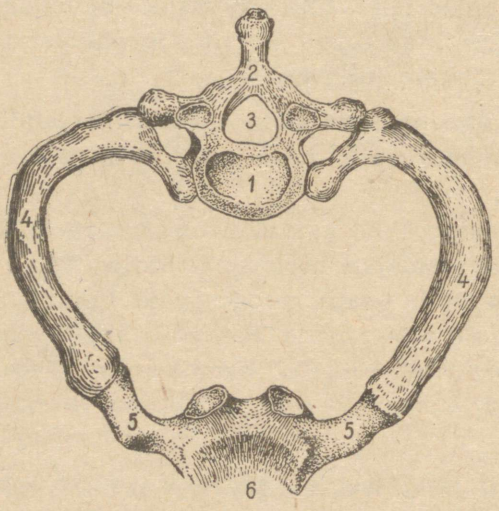
Selgroo alumisel osal (nimmelülidel ja ristluul), millele langeb kõige suurem raskus, on ka tugevam ehitus.

Selgroo kõverdused on inimese iseloomulikeks iseärasusteks ja olenevad tema keha püstisest seisangust. Need kõverdused arenevad aegamööda. Laps sünnib peaaegu sirge selgrooga. Lapse kasvades tekivad selgroos kõverdused. Kaelakõverdus areneb kukla muskulatuuri mõjul, kui laps hakkab pead püsti hoidma. Seoses istumi-

sega areneb rinnakõverdus. Nimmekõverdus ilmub sel ajal, kui laps õpib seisma ja kõndima. Selle selgitamiseks võib kasutada stabiilse õpiku joonist 107.

Oma kõverduste tõttu omab selgroog suurt vetruvust. Tänu nendele kõverdustele leevenduvad põrutused ja tõuked käimisel ning hüppamisel tunduvalt.

Üksikute selgroolülide liikuvus on väga piiratud. Tervikuna omab aga selgroog tunduvat liikuvust. Seda liiku-



Joon. 12. Esimene ülemine rinnalüli, esimene roidepaar ja rinnaku ülemine osa: 1 — selgroolüli keha; 2 — ogajätke; 3 — selgroolüli mulk; 4 — roie; 5 — roidekõhr; 6 — rinnak.

vust on kerge demonstreerida omaenda kehal tema painutamise ja sirutamisega, küljele kallutamise ja paremale ning vasakule pööramisega. Vaatluste tulemusena tehakse kindlaks, et suurimat liikuvust omavad kaela- ja nimmeosad (nimme ülaosa). Kõige vähem liikuv on rinnaosa ühenduses rindkerega. Ristluu on liikumatu.

Rindkere. Rindkerega tutvumisel tuleb peatuda: 1) rindkere (rinnakorvi) ehitusel, 2) tema liikuvusel ja 3) tema osatähtsusel sise-elundite kaitsmisel. Stabiilses õpikus rindkere ehituse kohta antud materjali peab natuke täiendama.

Roidel tähistatakse roidepähikut ja roideköbrukest liigesepinnaga, mille abil roided liigestuvad selgroolülidega [1]. Roiete liigestumine lülidega on luukere juures hästi näha. Näitlikumalt võib seda liigestumist demonstreerida preparaadil, mis on monteeritud nii, nagu on näidatud joonisel 12. Rinnakule ja selgroole kinnistuvad roided liikuvalt kõhrede abil [2]. Sellepärast võib rinnakorv liikuda (tõusta ja vajuda). Roiete liikuvat kinnistumist võib kujukalt näidata looduslikul objektil — mingi looma (lamba, sea, vasika) roietel.

Õlavööde, vaagnavööde ja jäsemete luustik. Stabiilses õpikus on antud piisavalt materjali õla- ja vaagnavöötme ning samuti jäsemete luustiku kohta. Materjal on esitatud lühidalt, täpselt ja selgelt. Tutvudes luukerel ülemiste ja alumiste jäsemetega, pole küllaldane piirduda ainuüksi jäsemete demonstreerimisega. Peab andma õpilastele võimaluse lähemalt uurida käe ja jala ehitust. Seda tuleb teha selleks, et nad õpiksid leidma rannet ja kämmalt, kanda ja pöida. Vastasel korral teeb õpilastele nende osade asukoha näitamine luukerel alati raskusi.

Väljajagamis-materjalina saab siin suurepäraselt kasutada monteeritud luukerelt äravõetud käte ja jalgade luid, samuti eri plaatidele monteeritud käe ja jala luid. Väga

---

[1] Üheteistkümnendal ja kaheteistkümnendal roidel puuduvad köbrukesed ja liigesepinnad. Need roided ei liigestu viimaste rinnalülide ristijätketega.

[2] Pole vajadust üksikasjalisemalt kõnelda esimese, kuuenda ja seitsmenda pärisroide kinnistumisest rinnakuga.

sageli piirdutakse jäsemete luustiku tundmaõppimisel ainult luude nimetuste päheõppimisega. Sellest muidugi ei piisa. Pärast seda kui õpilased on tutvunud jäsemete ehitusega, peab andma võrdleva ülevaate jäsemete luudest, et nende ehituses selgitada sarnasust ja erinevust. Ülajäsemete luud on peenemad kui vastavad alajäsemete luud. See on ka arusaadav. Alajäsemed on ju toeks, mis kannavad kogu neil lasuva kere raskust. Ülajäseme luud on omavahel liikuvamalt ühendatud kui alajäseme luud. Eriti liikuvad on sõrmed. Iga õpilane teab omaenda kogemustest, et käega võib sooritada hoopis mitmekesisemaid liigutusi kui jalaga. Näiteks võib sõrmedega haarata ja hoida mitmesuguseid esemeid, sõrmi rusikasse kokku suruda jne. Kämblas võib pöialt vastastada kõigi sõrmedega; pöial võib igaühega neist üksikult esemete kinnivõtmiseks moodustada midagi pihtide-taolist. Jalal ei saa suurvarvast vastastada teiste varvastega, seepärast ei saa temaga eraldi puudutada iga varvast, nagu käe juures pöial puudutab sõrmi.

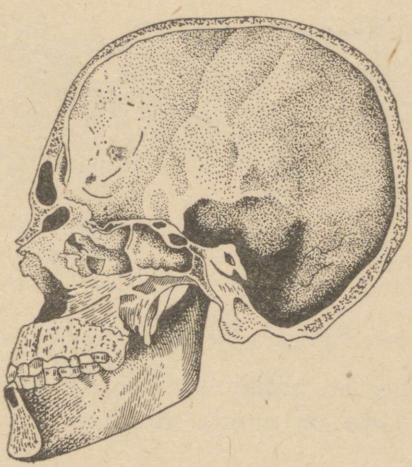
Põhimine erinevus käe ja jala vahel seisab selles, et käsi on kohandatud esemete kinnivõtmiseks ja hoidmiseks, jalg aga moodustab nagu aluse, toe, millele keha seismisel ja käimisel toetub.

Kolju. Kolju tundmaõppimisel uuritakse kolju välis- ja sisepinna üldist konfiguratsiooni, luid, mis moodustavad kolju, ja kolju luude omavahelist liitumist. Töö jaoks on tarvis koljut pealt äravõetava koljukaanega. On väga soovitav omada ka kolju pikisaetist, põhi- ja oimuluud.

Kolju üldisel vaatlemisel pööratakse kõigepealt tähelepanu kolju aju- ja näo-osa vahekorrale: ajuosa (ajukolju) on enam arenenud kui näo-osa (näokolju). Need vahekorrad on eriti selgesti nähtavad kolju pikisaetisel (joon. 13).

Kolju sisepinna vaatlemisel osutatakse tähelepanu vagudele — veresoonte jäljendeile. Need on eriti hästi näha kiiru-, lauba- ja oimuluudel.

Kolju luudest on kõige raskem tundma õppida kiil- ehk põhiluud ja sõelluud. Nende ehitus on keerukas ja nende asetus koljus teeb nad silmale raskesti nähtavaks. Et õpilastele neist luudest kujutlust anda, oleks hea, kui neid

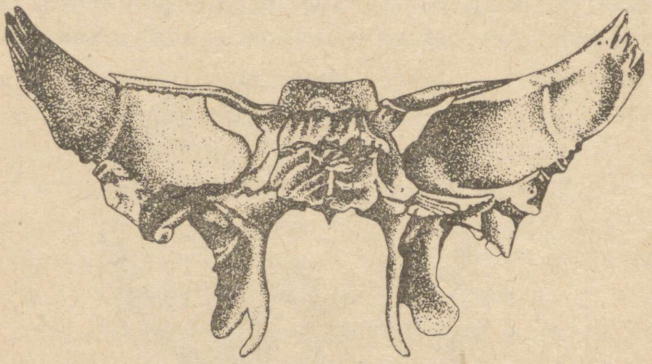


Joon. 13. Kolju pikisaetis.

omataks eraldatuna koljust. Nende puudumisel peab valmistama vastava tabeli joonistega. Kiil- ja sõelluu asukohta koljus näidatakse kolju ristisaetisel (äravõetava kaanega koljul). Suurema ülevaatlikkuse jaoks märgitakse luude piirid punase tindiga. Sõelluu on hästi näha, kui vaadelda ninaõõnt tagaküljest. Kolju sagitaallõigul on eriti hästi täheldatavad kolm sissepoole rippuvat ninakarbikut. Kaks ülemist neist kuuluvad sõelluule, alumine kujutab endast iseseisvat luud — alumist ninakarbikut.

Oimuluu ehitusel on soovitav veidi üksikasjalisemalt peatuda, sest temas asetseb kuulmiselund, mida käsitel-

lakse edaspidi, meele-elundite tundmaõppimisel. Oimuluul on kaunis keerukas ehitus. Piisab, kui õpilasi tutvustada tema selliste osadega, mida on kerge väljastpoolt näha: soomusega, nibujätkega, püramiidiga (kaljuluuga), kuulmeavaga, sarnajätkega ja liigeseauguga.



Joon. 14. Kiil- ehk põhiluu.

Trummiõõne ja püramiidi ehituse käsitlemine oleks enneaegne. Seda on parem teha kuulmiselundi tundmaõppimisel.

Inimese ja looma luustiku võrdlemine. Inimese luustiku ehituse põhi-iseärasusi, mis teda eraldavad looma luustikust ja mis on seotud keha vertikaalse seisanguga, peab illustreerima mingil konkreetsel võrdlusobjektil.

Niisuguse võrdleva ülevaate jaoks on tarvis kasutada peale inimese luukere kas mingi imetaja looma luukeret või äärmisel juhul vastavat klassitabelit.

Võrdlemisel tuleb tähelepanu pöörata selgroo ehitusele ja kujule, puusaluude kujule ja suhtelisele suurusele, käte ja eesjäsemete, jalgade ja tagajäsemete luustiku ehitusele ning viimaks näo luude ja ajukolju suhtelisele mahule. On kahtlane, kas selles kursuses on otstarbekohane võrrelda inimese ja inimahvi luustikku. Kooli-

praktika on näidanud, et VIII klassis, kus see võrdlemine pole üksikasjaliselt valgustatud evolutsiooniteooria vaatepunktist, luuakse säärase võrdluse tulemusena kõige sagedamini ainult lamarkistlikud kujutlused inimese põlvnemisprotsessist.

Inimese ja imetaja looma luukere võrdleva vaatluse tulemused on soovitav vihikuisse üles tähendada umbes järgmise tabeli näol.

	Inimene	Neljajalgne imetaja
1. Selgroo kuju	Selgroog on kõverdunud S-tähe kujuliseks	Selgrool selliseid kõverdusi pole
2. Kolju aju- ja näoosa mahu suhe	Kolju ajuosa on suurem näo-osast	Kolju ajuosa on väiksem näo-osast
3. Käte (vastavalt eesjäsemete) ehitus	Pöial on kaunis liikuv ja seda saab vastastada teiste sõrmedega	Eesjäsemete suurvarvast ei saa teistega vastastada
4. Vaagna suurus ja kuju	Vaagen on lai ja madal	Vaagen on kitsas ja välja venitatud

Töövahendid. Inimese luukere. Mingi imetaja looma luukere (soovitav). Selgroolülide komplektid. Planšetile monteeritud roided selgroolüli ja rinnakutükiga. Kolju sagitaalsaetis. Oimu- ja kiilluu. Äsjatapetud veise (lamba, sea või vasika) roie, ühendatud rinnaku ja selgroolüliga. Tabelid: „Inimese keha", „Inimese luustik", „Imetaja looma luustik".

2. Luude seondid.

Luude seondite küsimust käsitellakse kõige elementaarsemal kujul. Konkreetseil näiteil antakse õpilastele kujutlus luude seondite peatüüpidest — liigesest ja liidusest. Piisab, kui liiduste puhul peatuda õmblusel (kolju ajuosa moodustavate luude seond) ja kõhrliidusel (vaagen).

Tutvumine õmbluse ja kõhrliidusega ei tekita suuri raskusi. Inimesel leiame õmblusi ainult kolju luude juures. Õmbluste mitmesugustest tüüpidest tuleb käsitella hambulist õmblust. Seda demonstreeritakse kolju lauba-, kiiru- ja kuklaluu seondil. Selleks on eriti otstarbekohane kasutada koost lahtivõetavat koljut. Enne kolju luude seostumise demonstreerimist teeb õpetaja tahvlile õmbluse skemaatilise joonise ja juhib tähelepanu sellele, et säärased seondid on saanud oma nimetuse sarnasuse tõttu puusepaõmblusega. Õmbluse demonstreerimist looduslikul objektil on otstarbekohane täiendada skemaatilise joonise tegemisega vihikuisse. Kokkukasvamist demonstreeritakse vaagna luude seostumisel.

Pärast õmblust ja kõhrliidust käsitellakse liigeseid. Siin on vaja eristada kaht küsimust: 1) liigese ehitus ja 2) liikumised liigestes.

Liigese ehitus. Liigese ehituse tundmaõppimisel peab õpilastele andma kujutluse liigesepindadest, liigesepaunast ja sidemeist.

Liigeste ehitusega tutvumine toimub mõne looma värske liigese demonstreerimise teel. Kõige parem on võtta lamba, sea või vasika jäsemete liigeseid. Hea oleks, kui iga koolipingi kohta tuleks üks liiges. Töö algul tutvutakse avamata liigesega. Liigest demonstreerides näitab õpetaja, et see kujutab endast l u u d e l i i k u v a t s e o n d i t. Pärast liigese avamist tutvustab õpetaja õpilasi l i i g e s e p a u n a g a, mis suleb õhukindlalt liigeseõõne. Liigeses ühenduvail luudel näitab õpetaja liigesepindu: kumerat l i i g e s e p ä h i k u t ja nõgusat l i i g e s e n a p p a. Näidatakse samuti liigesepindu katvat liigesekõhre (kõhre paksus on keskmiselt 0,2—0,5 mm).

Pärast liigese ehituse käsitlemist selgitatakse tema põhiosade tähtsust.

Kõigepealt tuleb tähelepanu juhtida sellele, et liigestuvate luude liigesepinnad vastavad teineteisele. Nii näiteks kui ühe luu liigesepind on kumer, siis teise luu liigesepind on vastavalt nõgus. Liigesepindade siledus kergendab luude liikuvust teineteise suhtes. Oma elastsuse tõttu on kõhr teatava määrani puhvriks, mis pehmendab liigesele suunatud tõukeid ja põrutusi.

Liigesepauna tähtsust on stabiilses õpikus küllalt täielikult rõhutatud. Peab ainult tähelepanu juhtima sellele, et liigesepaun on moodustatud sidekoest. Seejuures pole vaja mainida tema fibroosset ja sünoviaalset kihti. Liigesevõiet on liigeseõõnes väga vähe (mõni tilk). Seda võib märgata ainult äsjalahatud suurte loomade liigestes.

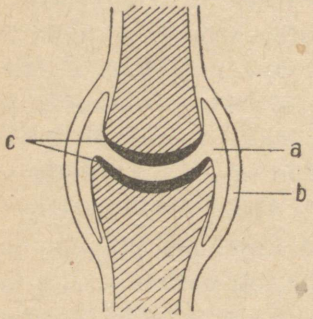
Selgitades luude ühendumise tugevuse põhjusi, peab õpilaste tähelepanu juhtima peamiselt sellele osale, mida etendavad sidemed ja liigesepaun. Molekulaarse seostumise ja negatiivse rõhu küsimust liigeses ei tule puudutada. Mõnedel juhtudel on liigesepaun niivõrd õhuke, et tema osa luude liitmisel on tähtsusetu. Suurt osa luude ühendamisel etendavad tihked sidekoelised väädid — sidemed, mis siirduvad ühe luu küljest teise külge. Sidemed võivad asetseda liigesepauna sees ja temast väljaspool.

Sidemete demonstreerimiseks võib kasutada kana või tuvi jalgade liigeseid. Sidemed on eriti hästi näha, kui linnu jalga painutada.

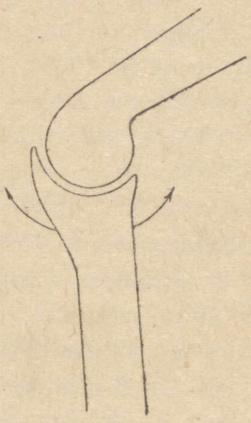
Teadmiste kinnistamiseks tuleb õpetajal liigese ehituse skeem klassitahvlile joonistada (joon. 15) ja sellele vastavad märkmed teha. Selle skeemi peavad õpilased oma vihikuisse joonistama.

Liikumised liigestes. Käsitelles küsimust liikumistest liigestes on küllaldane piirduda kahe-kolme konkreetse näite seletamisega. Nende näidete varal peab selgitama,

et liikumiste iseloomu ja liigestuvate luude liigesepindade kuju vahel on teatav vastavus. Samuti peab näitama, et mitte kõik liigesed ei evi samasugust liikuvust. Ühtedel neist on liikumine väga piiratud iseloomuga (näiteks ainult painutamine ja sirutamine), teised omavad liikumise



Joon. 15. Liigese ehituse skeem: *a* — liigeseõõs; *b* — liigesepaun; *c* — liigesekõhred.

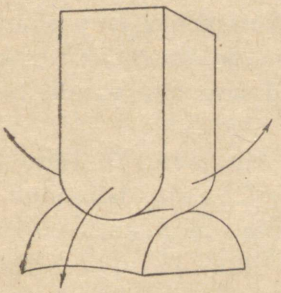


Joon. 16. Hingliigese skeem.

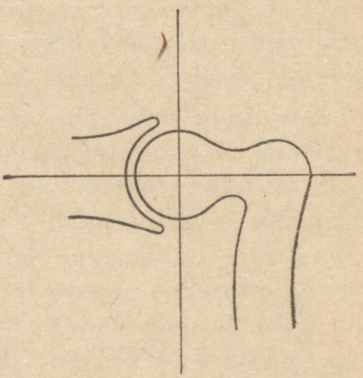
võimalust kõige mitmekesisemais suundades. Liigese näiteks, kus on võimalik ainult luude painutamine ja sirutamine, võivad olla sõrmede lülidevahelised seondid — hingliiges (joon. 16). Liigesepindadel on säärases liigeses järgmine kuju: üks neist on silindriliselt kumer, tavaliselt sälguga keskel (suunav vagu), teine on nõgus ja keskel sageli varustatud harjaga (suunav hari). Vao ja harja olemasolu hoiab ära kõrvalelibisemise võimaluse.

Liikuvama seondi näiteks on põidla alusel olev liiges. Põial võib liikuda nagu ratsanik sadulas: kõverduda ette ja tagasi, paremale ja vasakule (sadulliiges). Liigesepindadel niisuguses liigeses on sadula kuju (joon. 17).

Kõige suurema liikuvusega liigese näiteks võib olla õlaliiges. Õlg võib selles liigeses teha täisringi ja liikuda vabalt igas suunas (keraliiges). Keraliigeses on ühel liigesepinnal kerajas pähik, mis libiseb kerajas liigesenapas (joon. 18). Õpilastelt ei tule nõuda nimetuste „hingliiges", „sadulliiges" jne. meelespidamist.



Joon. 17. Sadulliigese skeem.



Joon. 18. Keraliigese skeem.

Nende liigestega tutvumist on kõige parem teostada enda juures. Neid vaatlusi täiendatakse liigesepindade vaatlemisega luukerel nende luude juures, mis moodustavad antud liigeseid. Õpetaja seletustega kaasneb liigeste liikumisskeemide ülesjoonistamine tahvlile.

Lõppkokkuvõttes jutustatakse õpilastele, et luude liigeseotste nihkumisel nende normaalse liikuvuse piiridest väljapoole võivad tekkida liigeste nihestused. Liigese nihestuse puhul vigastuvad alati liigesepaun ja sidemed suuremal või vähemal määral. Iga nihes tuleb viivitamatult arsti-spetsialisti poolt paigaldada.

Töövahendid. Inimese luukere. Äsjatapetud lamba, sea või vasika jäsemete liigesed. Kana või tuvi jalad. Skalpellid. Prepareerimisnõelad. Prepareerimisvannid. Käterätik.

3. Luude kuju.

Hoolimata kõigest mitmekesisusest võib luid oma kujult liigitada järgmisse nelja tüüpi: pikad ehk toruluud, lühikesed luud, laiad ehk lamedad luud ja segaluud. Igal luutüübil on oma iseärasused, mille tähelepanemine ei tekita õpilastele suuri raskusi.

Töö organiseeritakse nii, et klassis oleks luukere ja samal ajal veel tema üksikud luud. Mitmesuguste luude kõrvutamise teel määratakse kindlaks nende põhitüübid.

Luude kuju tudmaõppimist on otstarbekohane alustada toruluudest. Õpilastel kästakse vaadelda õlavarre, küünarvarre, reie ja sääre luid ning öelda, mis nende luude mõõtmetes on iseloomulikku.

Vaatluste tulemusena tehakse kindlaks, et neile luudele on tüüpiline nende pikkus. Õpetaja tähendab, et luid, mille pikkus ületab kõiki teisi mõõtmeid, nimetatakse pikkadeks luudeks ehk toruluudeks. Pikkadel luudel eristatakse kaht jämedamat otsa (epifüüsi) ja ahenenud keskosa — luu keha (diafüüsi)[1]. Paremaks meeldejätmiseks antakse tahvlil toruluu skemaatiline kujutis.

Toruluud asetsevad inimese keha sellistes osades, mis teevad kiireid ja suuri liigutusi, näiteks jäsemetes.

Samas järjestuses käsitellakse ka teisi luutüüpe — lühikesi, lamedaid (laiu) ja segaluid.

Lühikeste luude näiteina vaadeldakse selgroolülisid, väikesi käe ja jala luid.

Lühikeste luude iseloomustavaks tunnuseks on, et kõik nende kolm mõõdet (pikkus, laius ja kõrgus) on enamvähem ühesugused.

Inimese kehas on lühikesed luud seal, kus liigutused

[1] Nimetusi „epifüüs" ja „diafüüs" õpilastele ei anta.

on väikesed. Nad moodustavad tugevaid seondeid, mis omavad teatavat nõtkust.

Lamedate (laiade) luude näiteiks on koljukaane luud, abaluud jt. Lamedate luude pikkus ja laius ületavad nende paksuse. Laiad luud piiravad õõsi, mille sees asetsevad elundid, või nad moodustavad laiu pindu lihaste kinnistumiseks, nagu näiteks abaluu.

Segaluudest antakse kujutlus näo luude — oimuja sarnaluude näidete varal. Segaluude hulka kuuluvad niisugused luud, mis oma kuju järgi ei saa kuuluda ühtegi mainitud gruppi. Segaluud omavad kas mitmesuguste gruppide tunnuseid või neil on mittetüüpiline kuju.

Töövahendid. Inimese luukere. Luukere üksikud luud: selgroolülid, käe ja jala luud, roided. Väljajagamis-materjal: imetajate loomade luud.

4. Luude koostis ja ehitus.

Luuolluse koostis. Luude keemilise koostise tundmaõppimine ei tekita tavaliselt erilisi raskusi. Kogemused on näidanud, et õpilased omandavad õppematerjali antud küsimuse alalt kergesti, kui tundi täiendavad vastavad demonstratsioonid ja kättejagatav materjal.

Mõnedes metoodika käsiraamatutes soovitatakse luude keemilise koostise õpetamist teostada luude põletamise ja dekaltsineerimise teel otse klassis. Erilist vajadust selleks pole. Piisab, kui demonstreerida enne ettevalmistatud, põletatud ja dekaltsineeritud luid, andes õpilaste kätte analoogilise väljajagamis-materjali.

Heaks demonstreerimis-materjaliks on suurte loomade roided (parem, kui pooles pikkuses dekaltsineeritud), abaluu ja ükskõik missugune toruluu. Väljajagamis-materjalina võib õpilaste kätte anda kalade, lindude, väikeste

imetajate loomade luid. Eriti efektseks materjaliks on lindude dekaltsineeritud rinnak.

Selle materjali põhjal selgitatakse orgaanilise (osseiini) ja anorgaanilise luuolluse (lubjasoolade) tähtsust. On tähtis, et õpilased, tutvudes normaalsete ja dekaltsineeritud luude omadustega, ka ise võiksid veenduda orgaanilise ja anorgaanilise osa tähtsuses. Õpilastel soovitatakse normaalset luud võrrelda põletatud ja dekaltsineeritud luuga kõvaduse, vetruvuse, elastsuse ja hapruse suhtes.

Võrdluse tulemusena tehakse järeldused:

1) põletatud luu on habras;

2) dekaltsineeritud luu on vetruv, murdumise suhtes vastupidav ja säilitab oma kuju.

Normaalne luu, mille koostisse kuuluvad osseiin ja anorgaanilised ained, evib selliseid füüsilisi omadusi, et ta on tugevuselt kõvem graniidist. Oma kõvaduse tõttu võivad luud taluda suuri raskusi. Hea illustratsiooni sellest annab õpik. Klassivälise töö korras võib õpilastele soovitada luu keskele eri raskusega kaaluvihtide riputamise teel proovida väikeste loomade (konna, hiire, roti, linnu) mitmesuguste luude tugevust.

Põletatud ja dekaltsineeritud luude valmistamine. Põletatud luid valmistatakse pikal neljakandilisel raudpannil kuumutamise teel. Luud kuumutatakse tulipunaseks. Kuumutamine peab toimuma hea tõmbe käes või vabas õhus. Põletatud luud on haprad. Et säilitada luude kuju, tuleb neid väga ettevaatlikult käidelda.

Dekaltsineerimiseks võetakse hästi läbikeedetud ja kuivatatud luud. Need pannakse 10%-lisse soolhappelahusesse ja jäetakse sellesse niikauaks, kuni luud muutuvad painduvaks. Peenikesi kalaluid saab võrdlemisi kiiresti (tunni jooksul) dekaltsineerida. Pärast dekaltsineerimist pestakse luid hästi veega.

Töövahendid. Roie, abaluu, sea või lamba reieluu. Kanade, küülikute või teiste väikeloomade selgroolülid, roided, reieluud ja muud luud. Pikk neljakandiline rauast praepann luude tuliseks ajamiseks. Klaaspurk luude dekaltsineerimiseks. Laiakaelaline kor-

giga pudel dekaltsineeritud luude säilitamiseks. Karbid normaalsete ja põletatud luude hoidmiseks. 10%-line soolhappelahus.

Luu väline ehitus. Luude ehituse tundmaõppimine toimub järgmises korras. Esmalt käsitellakse luu välist, siis sisemist ehitust ja viimaks tema mikroskoopilist struktuuri.

Luude välisel vaatlusel pööratakse tähelepanu väljaulatuvatele osadele ja krobedikkudele — lihaste ja sidemete kinnistuskohtadele, avadele, mille läbi luudesse lähevad veresooned ja närvid, aukudele ja vagudele — luudega külgnevate elundite jäljendeile (näiteks veresoonte jäljendid koljukaane sisepinnal jm.).

Luude ehitusega tutvumisel ei tule piirduda mitte ainult monteeritud luukere luude vaatlemisega. On vaja omada ka kahte-kolme värsket luud, kus õpilastel oleks võimalik näha luuümbrist. Seda on lihtne näidata noa abil, kui sellega luud väljastpoolt kergelt kaapida.

Luu sisemine ehitus. Luu sisemisest ehitusest antakse kujutlus mitmesuguste luude, nagu reieluu, abaluu, selgroolüli saetisel. Saetistel on selgesti näha kahesugust luuollust — plink- ja käsnollust. Plinkollus katab luud väljastpoolt tihke massina. Luu sees on käsnollus, mis koosneb omavahel lõikuvaist luuõhikuist. Toruluu saetisel on need mõlemad kihid hästi näha. Lühikesed luud (selgroolülid) koosnevad peaaegu tervenisti käsnollusest, ainult väljastpoolt on nad kaetud väga õhukese plinkolluse kihiga. Laiadel luudel (abaluul) võib täheldada vastupidist nähtust — käsnollus asetseb õhukese kihina kahe võrdlemisi paksu plinkollusest õhiku vahel. Mõnes piirkonnas võib laiadel luudel käsnollus ka hoopis puududa. Ta võib puududa ka toruluude keskosades; säärasel juhul moodustub toruluu sees luukanal.

Luuüdi. Luukanalis ja käsnolluse õhikute vahel on luuüdi.

Õpetaja peab õpilaste tähelepanu juhtima sellele, et luuüdi ei tohi närvisüsteemi pea- ja seljaajuga ära vahetada. Siin võib neile meelde tuletada (näidates vastaval tabelil), et peaaju asetseb koljus, seljaaju — selgroo-kanalis.

Eristatakse punast ja kollast luuüdi. Punane luuüdi asetseb kolju luude, selgroolülide, rinnaku ja roiete käsnolluses. Mis puutub toruluudesse, siis on täiskasvanud inimesel punane luuüdi reie- ja õlavarreluu ülemistes epifüüsides. Punane luuüdi kuulub vereloome-elundite hulka, sest temas tekivad erütrotsüüdid. Kuid oleks enneaegne antud teema puhul õpilastele kõnelda punase luuüdi tähtsusest vereloomeprotsessides. Kollane luuüdi koosneb peamiselt rasvkoest.

Luu kõvadus. Demonstratsioon. On küllaldane, kui luuõhikute asetuse tähtsust käsnolluses selgitatakse selles ulatuses, nagu see on antud õpikus.

Kui tekib vajadus konkreetselt tõestada, et toruluu on massiivse luuga võrreldes niisama kõva, siis võib korraldada järgmise katse. Tuleb võtta ühesuguse läbimõõduga 20—30 cm pikkune klaastoru ja -pulk. Nende otsad asetatakse horisontaalselt alustele. Lõikude keskele riputatakse koormus. Koormust järk-järgult suurendades valvatakse, millal nad murduvad. Andmed kõrvutatakse ja tehakse järeldus.

Luu mikroskoopiline ehitus. Demonstratsioon. Luu mikroskoopilise ehitusega tutvumine toimub vastava mikroskoobilise preparaadi vaatlemise teel mikroskoobi all. Enne preparaadi vaatlemist antakse tabeli järgi eelseletus.

Kui õpetajal ei ole kasutada valmis mikroskoobilisi preparaate, siis võib preparaadi ise valmistada (lk. 98) või uurida luu ehitust tema lihvil.

Luulihvi valmistamiseks saetakse keedetud toruluust jõhvsae abil võimalikult õhuke (1—2 mm) risti- või pikiplaadike. Mahasae-

tud luuõhikut lihvitakse lamedal viilil või tahul. Lihvimine kestab niikaua, kuni õhik muutub niivõrd läbipaistvaks, et teda saab mikroskoobi all vaadelda. Lihvimise hõlbustamiseks kleebitakse luuõhik kirjalakiga korgi või puuliistu külge. Õhikut lihvitakse kahelt poolt. Et liistult äravõtmisel vältida õhukese luulihvi murdumist, pehmendatakse kirjalakki piiritusega. Valmis lihv asetatakse esemeklaasile ja kaetakse katteklaasiga. Viimane kinnistatakse esemeklaasile kliistriga määritud pabeririba abil. Mikroskoobi all on lihvil näha Havers'i kanalid, luuõõned ja peenikesed kanalid. Elava luu õõntes asetsevad luurakud, mille peened jätked on kanalikeste sees.

Luu kasvamine ja arenemine. Luude kasvamisest on õpikus öeldud väga vähe, luu arenemist aga pole üldse puudutatud. Enamik õpilasi kujutleb endale luid ja luustikku kui pahtunud, muutumatuid, surnud moodustisi. Seepärast tuleb luude kasvamise ja arenemise küsimust kas või kõige elementaarsemal kujul valgustada. Võib piirduda tähelepanu juhtimisega sellele, et kõhre luustumine toimub luuolluse moodustamise tõttu eriliste rakkude, luutekitajate poolt, mis asetsevad kõhre väljastpoolt katva õhukese ümbrise (kõhreümbrise) sisekihis. Luustumisprotsessi jooksul toimuvad kõhres keerukad muutused, mille tagajärjel tekib luukude tema kanalite[1], luuõhikute ja õõntega.

Pärast kõhre luustumist nimetatakse kõhreümbrist juba luuümbriseks. Värskeil luudel kujutab luuümbris endast vetruvat kiulise ehitusega roosat kesta. See katab kogu luu, välja arvatud need kohad, kus asetseb liigesekõhr. Luuümbrise sisekihi rakud moodustavad luuollust. Luuümbrise tähtsust võib hästi selgitada luumurru puhul. Kui luumurru kohal luuümbris on säilinud, kasvab murdunud luu kokku. Luu kokkukasvamine toimub selle tõttu, et luutekitajad rakud valmistavad luuollust, mis ühendab murtud luu osad. Luu kokkukasvamine ei toimu, kui luuümb-

[1] Havers'i kanalid.

ris on kõrvaldatud. Veel selgemini ilmneb luuümbrise tähtsus järgmises näites. On kindlaks tehtud, et kui osa luud välja lõigata, jättes luuümbrise alles, siis tema luutekitajad rakud taastavad puuduva luuosa.

Toruluude jämutikasvamine toimub luuolluse katkestamatu ladestamise arvel luuümbrise poolt. Ühtaegu luuolluse juurdekasvamisega väljastpoolt toimub luu hävimine seestpoolt. Niiviisi tuleb kõnelda mitte niipalju luude jämutikasvamisest, kuivõrd luuolluse kestvast uuenemisest. Tõestuseks võib tuua järgmised näited. Loomadele söödeti organismile võrdlemisi süütuid värve [1], mis andsid luudele vastava värvuse. Kui anda värvitud sööta teatavate ajavahemike (näiteks kahe nädala) järel vaheldumisi värvimatuga, siis on sellise looma luu ristisaetisel selgesti märgata punaste ja valgete rõngaste vaheldumist. Punased rõngad vastavad värvitud söödaga söötmise perioodile, valged — värvimata söödaga söötmise perioodile. Rõngaste vaheldumine näitab, et luuollus kogu aja vahetub: väljastpoolt kasvab juurde uus luu, mis nihutab vanemad kihid sisse, luuüdi poole, kus nad ka hävivad. Teiste katsete puhul seoti noortel loomadel luu tihedalt traatrõngastega kinni. Luu kasvades kasvasid rõngad luu sisse ja hiljem leiti need juba luuõõnest.

Toruluude pikutikasvamine toimub luude jämenevate otste [2] ja keskosa vahelisel piiril. Neil kohtadel säilib kuni täis-easuseni kõhrkoe kiht — kasvamisvööde. Vöötme kõhr kasvab ja asendub järk-järgult luuollusega. Seetõttu luu pikeneb. Täis-eas luustuvad kasvamisvöötmed täielikult ja luude pikutikasvamine lõpeb.

---

[1] Näiteks punast värvi „krapp".

[2] Epifüüside.

5. Lihaste ehitus.

Lihaseid õpitakse tundma teise plaani järgi kui luustikku ja luid. Luustiku ülevaade tervikuna eelnes luude koostise, ehituse ja omaduste tundmaõppimisele. Siin aga on otstarbekohane tööd alustada mitte lihaste üldülevaatega, vaid nende ehituse ja omaduste tundmaõppimisega.

Ilma lihaste anatoomia ja füsioloogia tundmiseta ei saa teadlikult asuda inimese keha konkreetsete lihaste tundmaõppimisele.

Lihaste makroskoopiline ehitus. Demonstratsioon. Silelihased, mis asetsevad veresoonte, mao-sooletrakti ja trahhea seintes, bronhides, kuse- ja sigielundite viimajuhades jne., ei ole paljale silmale kättesaadavad. Seepärast õpitakse lihaste makroskoopilist ehitust tundma ainult vöötlihaste juures.

Oma kujult on lihased väga mitmekesised. Eristatakse pikki, lühikesi ja laiu lihaseid. Pikad lihased asetsevad peamiselt jäsemeil. Inimese keha lihaste tundmaõppimisel tuleb õpilastel kokku puutuda eeskätt seda liiki lihastega.

Lihaste ehitusega tutvumiseks jagatakse õpilastele välja konna tagajäsemeid, millede nahk on enne maha võetud. Ühes nendega võib välja jagada tuvi, kana või küüliku jalgu.

Nende objektide vaatlemise tulemusena tehakse järeldus, et lihas koosneb k e h a s t ja k õ õ l u s e s t. Väljastpoolt on kogu lihas kaetud õhukese läbipaistva sidekoelise kestaga. Kesta prepareerimisnõelaga eemale tõmmates on seda kerge avastada. Lihase kõõlused, mis asetsevad lihase otstes, kujutavad endast läikivaid, tihkeid valkjaid vääte. Lihase keha läheb vahetult üle kõõlusteks. Nende abil kinnistuvad lihased tihkelt luudele. Selles pole raske veenduda, kui püüda pintsetiga konna tagajäsemete ükskõik millist lihast ära rebida.

Õpilased võivad hõlpsasti omaenda kehal kõõluste tihkeid vääte üles otsida. Selleks peab sõrmed rusikasse suruma ja rannet painutama. Randme piirkonnas on siis tunda tugevaid pinguldatud vääte — kõõluseid.

Konna lihase keha on pehme, roosat värvi. Mitte kõik õpilased ei tea, et toiduks tarvitatav „liha" ongi loomade lihased. Käsitelles lihaste ehitust, peab seepärast seda küsimust selgitama. Tapetud loomade (veise, lamba, sea jt.) liha pole midagi muud kui nende loomade lihased. Lihased koosnevad suurest hulgast kiududest. Kiud on hästi näha keedetud lihal. Niisuguse liha tükikesi jagatakse koolipinkidele ühes prepareerimisnõeltega. Nõelte abil lihast lõhestades leiavad õpilased ilma erilise vaevata lihaskiude.

Lihaste mikroskoopiline ehitus. Demonstratsioon. Kujutlus vööt- ja silelihase mikroskoopilisest ehitusest antakse vastavate preparaatide vaatlemise teel mikroskoobi all. Kui õpetajal ei ole kasutada valmis alatisi preparaate, siis ta võib need valmistada, nagu on kirjeldatud lehekülgjel 96.

Preparaatide demonstreerimisele mikroskoobi all eelneb lihaskoe ehituse selgitamine tabeli järgi. Oleks soovitav tunnis omada tabelit, mis on valmistatud nimelt sääraste mikroskoobiliste preparaatide kohta, mida kavatsetakse klassis demonstreerida. Faktiline materjal lihaste mikroskoopilisest ehitusest antakse õpiku piirides. Mikroskoobi all vaadeldud preparaadid joonistavad õpilased vihikuisse.

Töövahendid. Sile- ja vöötlihaste mikroskoobilised preparaadid (mikroskoopide arvu järgi). Mikroskoobid. Osutiga okulaarid.

6. Lihaste füsioloogia.

Tutvumine lihaskoe füsioloogiaga toimub kõige elementaarsemal kujul. On küllaldane, kui õpilastele anda

kujutlus lihase põhiomadusest (kokkutõmbuvusest), tema tööst ja väsimusest. Et õpilased ei oma küllaldasi teadmisi orgaanilisest keemiast, ei ole lihase töö kemismi selgitamine võimalik. Siin piisab, kui anda kujutlus faktidest endist, puudutamata füsioloogiliste protsesside olu, mille mõistmiseks õpilastel pole eelteadmisi.

Erutuvus ja kokkutõmbuvus. Siirdudes tutvuma lihaskoe füsioloogiaga, tuleb õpilastele kõigepealt anda ülevaade elavate kudede ärritajaist ja erutuvusest. Nende mõistete konkretiseerimise mõttes pakub lihaskude erandlikke võimalusi.

Õpikus käsitellakse küsimust kudede ärritajaist ja erutuvusest lihtsalt ja õpilastele arusaadavalt. Õpetaja peab vaid seal toodud materjali vastavate katsete korraldamisega hästi illustreerima.

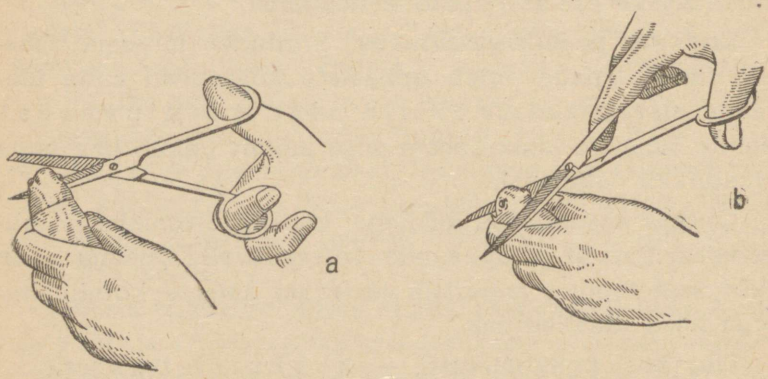
Lihaskoe põhiomadust — kokkutõmbuvust — demonstreeritakse konna eraldatud sääremarjalihasel või närvi-lihasepreparaadil. Viimane kujutab endast konna sääremarjalihast, mis on välja prepareeritud ühes tema juurde kuuluva närviga.

Demonstreerides lihase kokkutõmbumist mitmesuguste ärritajate mõjul, ei tule piirduda katsetega, mis on sooritatud üheainsa isoleeritud sääremarjalihasega. Et lihased organismis närve mööda kulgevate erutuste mõjul kokku tõmbuvad, on otstarbekohane kokkutõmbumist demonstreerida ka närvi-lihasepreparaadil, ärritades lihast närvi kaudu.

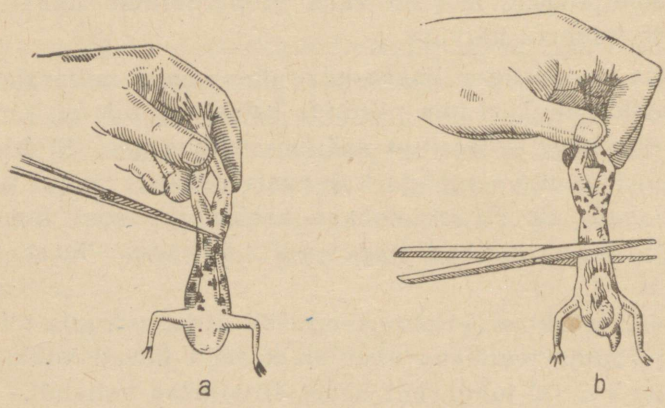
Peab märkima, et mitmesugused ärritused, mis tulevad närvi kaudu, tekitavad alati efektsemat lihase kokkutõmbumist kui sel juhul, mil lihast ärritatakse vahetult.

Kõik katsed lihaste füsioloogia alal teostatakse demonstreerimise teel, mida võivad täiendada laboratoorsed tööd.

Isoleeritud lihase ja närvi-lihasepreparaadi valmistamine. Isoleeritud lihas ja närvi-lihasepreparaat valmistatakse konna koibadest. Konn mähitakse käterätikusse nii, et lahti jääb ainuüksi pea, nagu on näidatud joonisel 19. Konna suuõõnde viiakse kääritera (joon. 19, *a*). Siis antakse kääridele pööramisega niisugune seis, nagu on näidatud joonisel 19, *b*, ja lõigatakse kiire liigutusega ülemine pea-



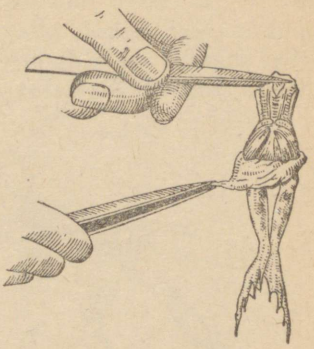
Joon. 19. Konna pea mahalõikamine.



Joon. 20. Konna eesmise kehapoole eemaldamine: *a* — naha läbilõikamine sisikonna prepareerimiseks; *b* — ülemise kehapoole äralõikamine.

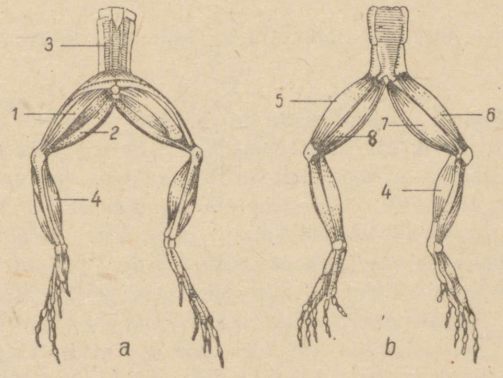
osa maha. Pärast seda pistetakse sukavarras või prepareerimisnõel seljaajukanalisse ja, seda keerates, purustatakse seljaaju. Konn on liikumatuks tehtud.

Et saada isoleeritud lihast, lõigatakse tagumine koib reie liigese kohalt läbi. Võttes pintsetiga naha äärest kinni, tõmmatakse see äralõigatud koivalt nagu sukk maha. Skalpelli tõmbi otsaga eraldatakse sääremarjalihas teistest lihastest. Lihase kõõlus seotakse niidiga ülaltpoolt kandluuköpra kinni ja lõigatakse siis altpoolt kandluuköpra läbi. Tõstes sääremarjalihase üles, kõrvaldatakse kõik lihased ja luud altpoolt põlveliigest. Pärast seda eemaldatakse ka reie lihaste jäänused.



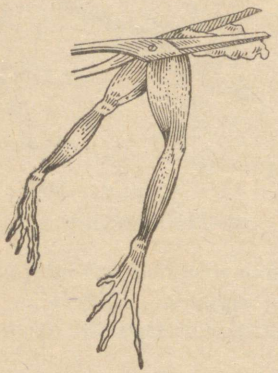
Joon. 21. Naha mahatõmbamine jalgadelt.

Närvi-lihasepreparaat valmistatakse teisiti. Kesknärvisüsteemi purustamise teel liikumatuks tehtud konn võetakse tagumistest jalgadest kinni ja lastakse peadpidi alla rippuda. Kääridega lõigatakse kere eesmine pool kogu rippuva sisikonnaga ära (joon. 20).



Joon. 22. Tagajäsemete lihased: *a* — eesmine külg; *b* — tagumine külg; 1 — rätsepalihas; 2 — jalalihas; 3 — päranärvi põimik; 4 — sääremarjalihas; 5 — reie kolmpealihas; 6 — reie kakspealihas; 7 — poolkilelihas; 8 — vagu, milles asetseb päranärv.

Hoides siis selgroo ülejäänud osa vasakus käes, tõmmatakse parema käega nahk mõlemalt koivalt maha (joon. 21). Konna tagajäsemeil on pärast naha mahavõtmist säärane välimus, nagu on esitatud joonisel 22. Edasi antakse preparaadile selline asend, et koivad ripuksid vertikaalselt alla ja selgroo ots oleks painutatud nurgi. Selles asendis on väljaulatuv urostüül (sabaluu) läbi naha hästi näha. Urostüül lõigatakse kääridega ära (joon. 23). Pärast seda



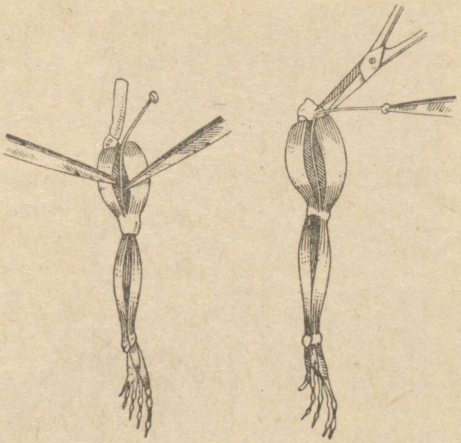
Joon. 23. Urostüüli äralõikamine.



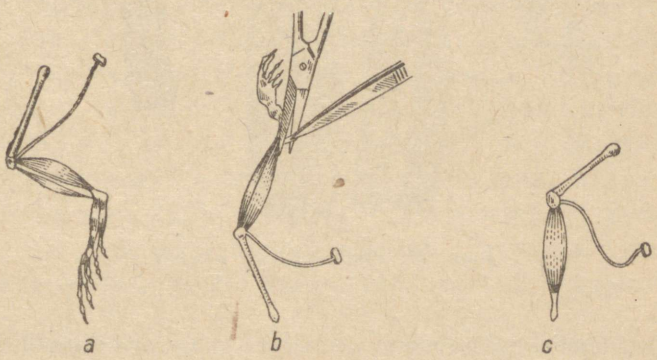
Joon. 24. Selgroo lõhestamine.

pistetakse käärid saadud avausse, lõigatakse niudeluude liigestumiskoht läbi (joon. 24) ja lõhestatakse selgroog pikuti kaheks pooleks. Siis pannakse üks koibadest puhtasse prepareerimisvanni seljapoolega ülespoole. Sõrmede või pintseti abil nihutatakse reie seljapoolel asetsevad lihased laiali (joon. 25). Nende all asetseb valge niidina sääremarjalihase närv. Närv prepareeritakse piki reit ja edasi kuni selgrooni. Siis lõigatakse selgroost sellelt kohalt, kust temast väljub närv, väike tükk maha. Seda tehakse selleks, et edaspidi preparaadiga töötades poleks tarvis kinni võtta närvist endast, vaid selgroo kondikesest. Seepeale tuleb eemaldada reie lihased, jättes järele reieluu (joon. 26). Luu jääb närvilihasepreparaadi kinnistamiseks lihaselaua näpitsa vahele. Skalpelli tõmbi otsaga lahutatakse sääremarjalihas teistest lihastest. Sääremarjalihase kõõlus seotakse niidiga ülaltpoolt kandluuköpra

kinni ja lõigatakse altpoolt kandluuköpra läbi. Lihased ja luud lõigatakse altpoolt põlveliigest ära. Kuivamise vältimiseks niisutatakse preparaati pärast seda aeg-ajalt füsioloogilise lahusega. Preparaadi niisutamine toimub pipeti abil.

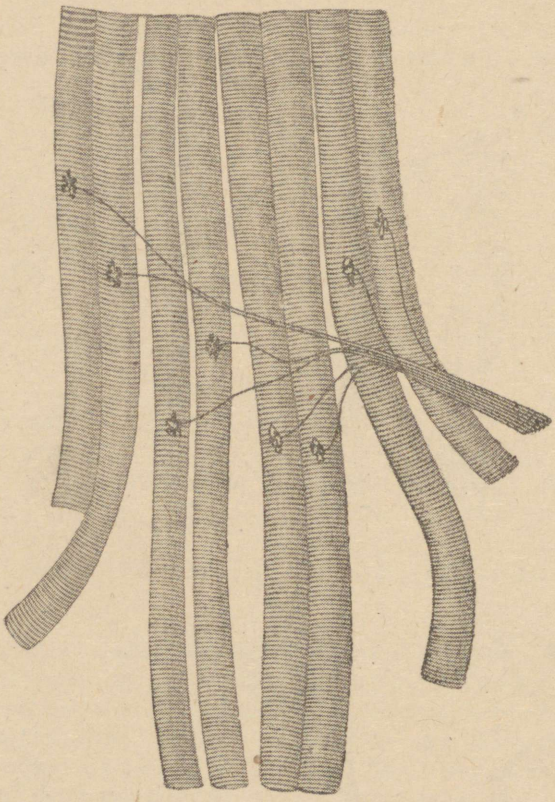


Joon. 25. Päranärvi prepareerimine.



Joon. 26. Sääremarjalihase ja reieluu prepareerimine: *a* — reie lihased on eemaldatud; *b* — sääremarjalihase prepareerimine; *c* — valmis preparaat.

Töövahendid. 1—2 konna. Käärid. Pintsett. Prepareerimisnõel. Prepareerimisvann. Niit. Pipett. Klaas. Käterätik. Füsioloogiline lahus külmaverelistele.



Joon. 27. Närvilõpmed lihases.

Preparaadi valmistamine lihastes asetsevaist närvilõpmeist. Närvi-lihasepreparaadi kasutamisel tuleb õpilastele selgitada närvi ja närvilõpmete tähtsust lihaste erutumisel (lk. 144). Et veidi konkretiseerida kujutlust närvilõpmeist lihastes, on soovitav õpilastele mikroskoobi all näidata vastavat preparaati. Säärane preparaat

tuleb endal valmistada. Selleks otstarbeks tehakse konn ülalkirjeldatud viisil liikumatuks. Siis süstitakse kõhu ja tagajäsemete naha alla süstla või pipeti abil 0,1%-list metüülsinise lahust või segu 1%-lisest metüülsinise lahusest (30 tilka), 0,65%-lisest füsioloogilisest lahusest (NaCl, 40 cm^3) ja 10%-lisest utropiinilahusest (20 tilka). Vedelikku süstitakse nii palju, et konna nahk kergelt tursub. ½—1 tunni pärast lõigatakse kõhulihased ja rätsepalihas välja ning pannakse esemeklaasile. See lihasepool, mis värviga kokku puutus, peab olema üles pööratud. Enne katteklaasi pealepanemist kontrollitakse mikroskoobi all, kas närvid on värvunud. Kui närve pole veel näha, määritakse lihaseid uuesti metüülsinisega ja jäetakse 15—20 minutiks esemeklaasile. Kui närvid on hästi värvunud, siis lõigatakse värvumata küljelt kiht lihaseid nii ära, et preparaat oleks võimalikult õhem. Isegi 180-kordse suurenduse puhul on siniseks värvunud närvikiud ja nende lõpmed lihastes näha piklik-lamedate naastude kujul (joon. 27).

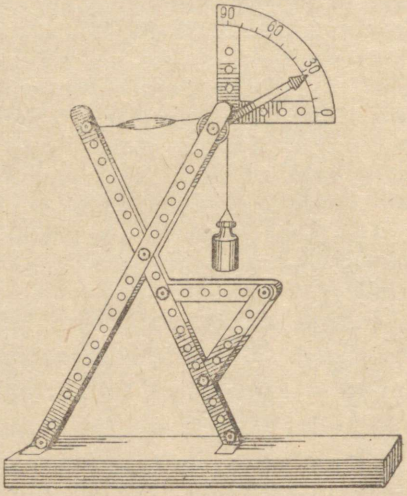
Töövahendid. 1—2 konna. Süstel või pipett. Käärid. Pintsett. Prepareerimisnõel. Käterätik. Eseme- ja katteklaasid. 0,1%-line metüülsinise lahus.

Lihaselaud. Lihase kokkutõmbumise tundmaõppimine toimub lihaselaua abil. Üht tüüpi lihaselauad — universaalsed lihaselauad — on müügil. Universaalne lihaselaud on varustatud instruktsiooniga aparaadi monteerimise ja temal allpool kirjeldatavate katsete korraldamise kohta [1] (joon. 29). Universaalse lihaselaua puudumisel võib laua ise konstrueerida. Head lauda on kerge kokku seada „Mekkano" detailidest. Kasutades siin leiduvat joonist (joon. 28), võivad õpilased säärase laua monteerida ilma eriliste raskusteta. „Mekkano't" leidub alati kas koolis või õpilastel endil. Preparaat kinnistatakse aparaadi külge nii, nagu on näidatud joonisel. Preparaadi reieluu seotakse niidiga hoidja külge; kõõluse külge seotud niit

[1] Täpsemaid teatmeid aparaatide kohta, mille abil võib uurida lihase kokkutõmbumist, vt. I. V. Kozõr'i ja P. I. Suvorova raamatust „Inimese anatoomia ja füsioloogia tundide varustamine töövahenditega". Õppe- ja Pedagoogilise Kirjanduse Riiklik Kirjastus, 1937.

viiakse üle ploki ja tema otsa kinnistatakse õng, mille külge riputatakse väike kaaluviht.

Kokkutõmbuvus — lihase põhiomadus. Demonstratsioon. Enne kui mõistet lihase kokkutõmbuvusest närvi-lihasepreparaadi abil selgitama asuda, tuleb anda kujutlus närvi-lihasepreparaadist endast. Tahvlile joonista-



Joon. 28. „Mekkano" detailidest konstrueeritud lihaselaud.

takse skemaatiliselt närvi-lihasepreparaat ja närvilõpmed lihastes. Nende jooniste abil selgitab õpetaja lihastes olevate närvide ja närvilõpmete tähtsust.

Lihaskoe kokkutõmbuvuse demonstreerimiseks ärritatakse preparaati (isoleeritud lihast või närvi-lihasepreparaati) kordamööda mitmesuguste ärritajatega: a) pintseti abil näppimisega (mehaaniline ärritaja); b) kuumas vees tuliseks aetud klaaspulga abil puudutamisega (soojuseline ärritaja); c) keedusoola-kristallikese pealepanemi-

sega (füüsikalis-keemiline ärritaja) [1] ja viimaks d) elektrivooluga (elektriline ärritaja).

Elektrivoolu allikana kasutatakse ükskõik millist elementi umbes 1½—2 V pingega (Leclanché kuivelementi raadiovastuvõtjaile või teisi) või taskulambipatareid. Vool juhitakse lihase juurde lüliti kaudu. Vahetult lihasesse juhitakse vool elektroodi läbi. Kõige primitiivsemaiks elektroodideks on kaks väikest nõela, mis on lihasesse torgatud. Nende nõelte silmad ühendatakse kellatraadi otstega.

Elektrivool on kõige sobivam kõigist ärritajaist. Õige kasutamise puhul ta tegelikult kudede ehitust peaaegu ei muudagi.

Katsete tulemusena jõuavad õpilased järeldusele, et lihas vastab mitmesugustele ärritustele lühenemisega, kokkutõmbumisega.

Kokkutõmbuvus on lihaskoe põhiomadus.

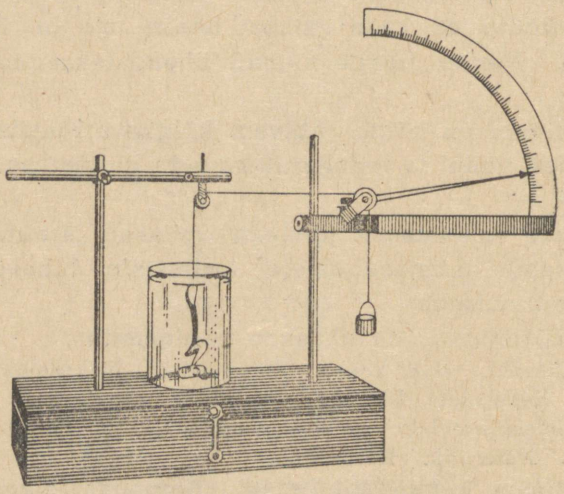
Töövahendid. 1—2 konna. Lihaselaud. Elektroodid. Lüliti. Element. Kellatraat. Pintsett. Pipett. Klaaspulgake. Reaktiivipudel füsioloogilise lahusega külmaverelistele. 5- või 10-grammine kaaluviht. Käterätik. Keedusool.

Silelihaste kokkutõmbumine. Demonstratsioon. Silelihaste kokkutõmbumise iseloomu võib demonstreerida mitmesugustel objektidel. Kõige lihtsamaks demonstreerimisobjektiks on vihmauss või nälkjas, kes omavad ainult silelihaskonda. Neid objekte peab muretsema säärasel hulgal, et neid oleks võimalik anda igale õpilaslauale. Nälkjaid on kõige parem anda korgi või vatiga suletud katseklaasides, usse — alustassidel või klaasides. Nende loomade liikumist vaadeldes konstateerivad õpilased, et silelihased tõmbuvad hoopis aeglasemalt kokku kui vöötlihased.

[1] Et katse läbiviimist kiirendada, võib lihase kesta nõelaga katki rebida ja soolakristalli paljastele kiududele panna.

Oleks soovitav silelihaste puhul demonstreerida kas või üht neist ärritajaist, mida rakendati vöötlihase ärritajaina.

Selleks võetakse kas väike (3—4 cm) tükk konna soolest või magu söögitoru ja soolelõiguga, või siis vihmaussi tükk. Preparaadi otstesse seotakse niidid, mille abil



Joon. 29. Katsed silelihasega universaalsel lihaselaual.

preparaat kinnistatakse lihaselauale või õlgkangi külge (vt. joon. 43). Preparaati ärritatakse mitmesuguste ärritajatega, näiteks pintseti abil näppimisega või soolakristallikesega. Nende preparaatide silelihaste reaktsiooni vaatlemine näitab, et lihaste kokkutõmbumine ja lõtvumine toimuvad aeglaselt. Kokkutõmbumine algab kaunis pika aja järel pärast ärritamist. Nende füsioloogiliste omaduste poolest erinevadki silelihased vöötlihastest.

Pärast vöötlihaste ja silelihaste kokkutõmbumise iseloomu vastandamist juhitakse tähelepanu sellele, et sile-

lihaste kokkutõmbumine ei sõltu meie tahtest. Silelihaseid leiame sise-elundeis: mao-soolekanali ja veresoonte seintes, nahas, bronhides, trahheas, kusepõies. Vöötlihaseid nimetatakse teisiti luustikulihasteks. Kinnistudes luudele, teostavad nad kõiki meie keha liigutusi.

Kokkuvõttes tuleb rõhutada, et niisugused loomad, nagu ussid ja molluskid [1], omavad silelihaskonda. Vöötlihased on ülekaalus keerukate ja mitmekesiste liigutustega loomadel (lülijalgseil, selgroogseil).

Töövahendid. Vihmaussid või nälkjad. Konn. Lihaselaud või õlgkang. Pintsett. Käärid. Prepareerimisnõel. Klaas. Pipett. Niit. Keedusool. Korkidega katseklaasid või alustassid. Käterätik.

Lihase üksik- ja tetaaniline kokkutõmbumine. Demonstratsioon. Niisugust liiki nähtuste selgitamisega, nagu lihaste üksik- ja tetaaniline kokkutõmbumine, peab kaasnema vastavate katsete korraldamine. Et anda kujutlust lihase üksikkokkutõmbest, korratakse eelnevat katset konna sääremarjalihasega. Õpilased täheldavad, et niipea kui vool on läbi lüliti sisse lülitatud, tõmbub lihas kiiresti kokku ja laskub siis jälle endisse seisundisse tagasi. Õpetaja juhib tähelepanu sellele, et säärast lihase ühekordset kokkutõmbumist nimetatakse üksikkokkutõmbeks. See kestab väga lühikest aega — konnal 0,5 sekundit ja inimesel 0,1 sekundit.

Siis antakse õpilastele kujutlus tetaanilisest kokkutõmbumisest.

Lihaste tetaaniline kokkutõmbumine toimub ainult sel juhul, kui konna isoleeritud lihasele mõjuvad tihedasti üksteisele järgnevad ärritused (umbes 30 korda sekundis). Käe kaudu ei ole võimalik teostada niisuguse sagedusega ärritust.

[1] Mõnedel molluskidel on ainult süda vöötlihastest.

Tavaliselt kasutatakse lihaste tetaanilise kokkutõmbumise demonstreerimiseks spetsiaalset füsioloogilist induktsioonpooli. Pooli puudumisel võib kasutada valgustusvõrgust saadud vahelduvvoolu, mis juhitakse läbi kella- või laste elektrimänguasjade jaoks tarvitatava transformaatori.

Olles katse jaoks kõik vajaliku ette valmistanud, seletab õpetaja, et uue katse puhul lihase ärritused järgnevad üksteisele kiiresti (50—100 ärritust sekundis).

Lihast ärritatakse elektrivooluga. Õpilased jälgivad, kuidas lihas kiiresti kokku tõmbudes just nagu tardub sellesse kokkutõmbunud olekusse. Ploki tõusnud osuti püsib ühes ja sellessamas seisundis. Kuid piisab voolu väljalülitamisest, et lõtvuv lihas osuti alla laseb vajuda. Pärast katset teeb õpetaja järelduse: lihase kestev kokkutõmbumine on vastus niisugustele ärritustele, mis järgnevad üksteisele suure sagedusega, nii et lihas, olles kokku tõmbunud, ei jõua lõtvuda. Säärast kestvat kokkutõmbumist nimetatakse tetaaniliseks kokkutõmbumiseks ehk teetanuseks. Niiviisi on tetaaniline kokkutõmbumine suure hulga üksteisele järgnevate üksikkokkutõmmete summa.

Sõna „teetanus" tähendab „kangestust". Seda terminit tarvitatakse füsioloogias sellepärast, et lihaste kestev kokkutõmbumine meenutab lihaste krampi, mida põhjustab kangestusbatsillide tekitatud nakkus.

Kokkuvõttes juhitakse tähelepanu sellele, et organismis harilikult ei täheldata luustikulihaste üksikkokkutõmbeid. Tavaliselt toimuvad kõik meie liigutused lihaste kestvate (tetaaniliste) kokkutõmmete tagajärjel.

Lihaste töö. Eelnevates katsetes nägid õpilased, et lihase külge riputatud viht tõusis lihase kokkutõmbumise silmapilgul. Tõstes raskust, tegi lihas mehaanilist tööd.

Tuleb selgitada, et iga üksiku lihase töö koosneb kõigist teda moodustavate lihaskiudude tööst. Järelikult, mida rohkem kiude kuulub lihase koostisse (mida jämedam ta on), seda suuremat tööd võib ta teha, seda tugevam ta on. See lihase jõu sõltuvus tema jämedusest on õpilastele teada isiklikest vaatlustest enda ja kaaslaste juures: kakspealihase jämeduse järgi nad hindavad käe jõudu.

Kuna õpilastele on füüsikast teada, et töö hulka mõõdetakse kilogramm-meetreis, juhitakse nende tähelepanu sellele, et ka lihaste tööd võib väljendada samades ühikutes [1].

Konna sääremarjalihase töö demonstreerimine. Ei ole raske lihtsa katse varal näidata, et konna sääremarjalihas võib teha suurt tööd — tõsta koormust, mis mitu korda ületab tema enda kaalu. Lihaselauale kinnistatakse konna äsja väljaprepareeritud sääremarjalihas. Selle külge riputatakse üksteise järel 10-, 20-, 50-, 75-, 100-, 150-, 200- jne. grammised koormused. Iga kord pärast uue koormuse riputamist ärritatakse lihast induktsioonvooluga või valgustusvõrgust võetud vooluga, mis on lastud läbi transformaatori.

Induktsioonpooli kasutamisel ei muudeta kogu katse jooksul sekundaarpooli asendit.

Pärast iga uue koormuse külgeriputamist jäetakse lihas mõne sekundi jooksul rahule. Väikese (kuni 10 g) koormuse puhul piisab 5—10 sekundist, suure koormuse puhul suurendatakse puhkust 20—30 sekundini.

Aeg-ajalt niisutatakse lihast füsioloogilise lahusega. Suurte koormuste mõjul venib lihas välja. Selle vältimiseks konstrueeritakse koormuse jaoks alus (vt. joon. 28).

[1] Kilogramm-meeter — töö hulk, mida tehakse 1 kg koormust 1 m kõrgusele tõstes.

Et vihtide erineva kõrguse pärast mitte muuta laua asendit, seotakse vihtide külge eri pikkusega kellatraadist aasad. Katse õige läbiviimise puhul võib konna sääremarjalihas tõsta kuni 500-grammist koormust.

Tööpahendid. 1—2 konna. Lihaselaud. Induktsioonpool või transformaator. Element. Lüliti. Elektroodid. Kellatraat. Käärid. Pintsett. Prepareerimisvann. Pipett. Käterätik. Pudel füsioloogilise lahusega. Vihtide komplekt raskusega 10, 20, 50, 100, 250, 500 g. Niit.

Lihase väsimus. Demonstratsioon. Kujutlus lihase väsimisest antakse katsete seeria demonstreerimisega isoleeritud lihase või närvi-lihasepreparaadiga. Ärritajana kasutatakse induktsioonvoolu või vahelduvvoolu valgustusvõrgust. Nagu juba eespool tähendatud, juhitakse vool preparaadi juurde läbi transformaatori.

Alguses riputatakse lihaselauale kinnistatud lihase külge väike koormus (10—20 g). Regulaarselt, iga 10 sekundi tagant, ärritatakse lihast elektrivooluga. Iga kord loendatakse kraadid, mille võrra osuti kaldub lihase kokkutõmbumise puhul kõrvale. Arvulised andmed märgitakse üles. Katse kestab 1—2 minutit. Lihase kokkutõmbumise vaatluste tulemusena tehakse järeldus: kui lihast ärritada iga 10 sekundi tagant, siis lihase kokkutõmbumise ulatus peaaegu ei muutu.

Resultaadid kujutatakse katse lõppedes klassitahvlil kõverana. Korratakse sama katset, muutes vaid ärrituste rütmi. Viimaseid juhitakse lihasesse iga sekundi järel.

Lihase kokkutõmbumise vaatluste tulemusena tehakse järeldus: kui lihast ärritada iga sekund, siis lihase kokkutõmbumise ulatus järk-järgult väheneb — algab lihase väsimine.

Klassitahvlile joonistatakse paralleelselt esimesega lihase kokkutõmbumise teine kõver. See näitab selgelt,

et koormuse tõstekõrgus väheneb lihase järk-järgult suureneva väsimuse tagajärjel.

Selle aja jooksul, mil tahvlile kõverat joonistatakse ja vastavaid järeldusi tehakse, jäetakse füsioloogilise lahusega niisutatud lihas rahule, ta puhkab.

Nüüd korratakse esimest katset. Lihas annab uuesti iseloomuliku normaalse kõvera. Tehakse järeldus: et lihas saaks tööd teha, selleks vajab ta puhkust. Äsjatehtud ja eelneva katse tulemuste võrdlemine lubab teha veel ühe järelduse: kui vaheajad lihase puhkamiseks on küllalt pikad, siis on väsimist vähe märgata; kui aga vaheaeg pole piisav, saabub väsimus kiirelt.

Lihaste väsimise nähtusi võib kujukalt demonstreerida ka inimese juures.

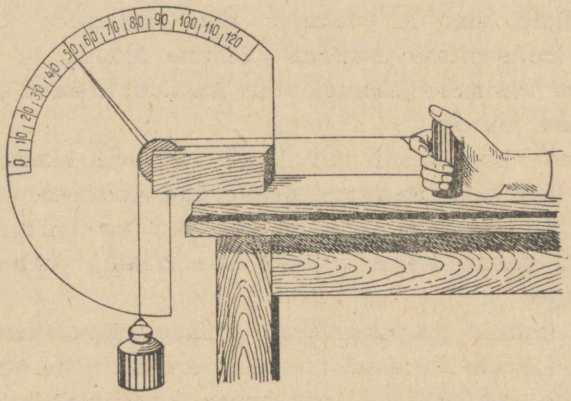
Õpilasel, kes seisab tahvli ees, küljega klassi poole, lastakse üks käsi horisontaalselt välja sirutada. Väljasirutatud käe peopesale pannakse 1—2 kg raskune viht. Tahvlile tehakse väljasirutatud käe taseme kohale kriidiga märge.

1½—2 minuti pärast hakkab õpilase väljasirutatud käsi vajuma. Lihaste kiire väsimuse saabumine on õpilastele suureks ootamatuseks. Enne katse teostamist kujutlevad paljud neist, et niisugust väikest raskust võib väljasirutatud käel peaaegu kogu tunni hoida.

Sõrme lihaste väsimist demonstreeritakse ergomeetri abil (joon. 30). Seda aparaati võidakse valmistada igas tisleritöökojas. Ta koosneb lauast — aparaadi alusest, puuprussist — plokihoidjast osutiga, ja pidemest käe jaoks.

Katse korraldamiseks paigutatakse ergomeeter demonstreerimislaua plaadi ühele nurgale niiviisi, et õpilased saaksid osuti liikumist skaalal jälgida. Üks õpilastest istub laua taha ja võtab parema käe peopesaga pidemest kinni. Tema käe põial peab asetsema pideme viltu-

lõigatud tipul. Esimesele sõrmele pannakse rihmatükist rõngas. Rõnga külge seotakse peenike, aga tugev nöör või soonkeel. Nöör tõmmatakse üle ploki. Tema otsa seotakse koormus — vihid (2—4 kg). Pärast koormuse külgeriputamist asetatakse osuti nulli kohale. Osuti paigaleasetamise ajal peab esimene sõrm olema välja sirutatud. Katsealusel kästakse iga sekundi järel sõrme painutada. Sel ajal jälgivad teised õpilased osuti liikumist skaalal. ½—1 minuti pärast, olenevalt asjaosalise jõust ja nööri külge



Joon. 30. Ergomeeter.

riputatud koormusest, hakkab osuti hoogsus vähenema, aegamööda kahanedes peaaegu nullini. See toimub sõrme lihaste väsimise tagajärjel umbes 2—3 minuti pärast.

Kõigi nende katsete tulemusena saavad õpilased lihase väsimisest konkreetse kujutluse.

Tutvustades õpilasi lihaste väsimise faktiga, ei tohi selle nähtuse põhjuste küsimust, olgugi kõige elementaarsemal kujul, puudutamata jätta. Lihaste töö kemismi käsitlemine oleks siin muidugi enneaegne, aga õpilastele

võib öelda (ja see on neile arusaadav), et lihaskiududes toimuvad kokkutõmmete ajal neis leiduvate ainete keemilised lagunemisprotsessid. Kiiresti üksteisele järgnevate kokkutõmmete tagajärjel kuhjuvad lihastesse lagunemissaadused, mis pidurdavad lihaskiudude elutegevust ja nõrgestavad nende töövõimet, nende kokkutõmbejõudu.

Kokkutõmmete vaheaegadel, s. o. puhkeperioodil, hapenduvad need lagunemissaadused vere poolt lihasesse toodud hapniku mõjul. Pärast hapendumist eemalduvad tekkinud ained lihasest vere kaudu ja lihaskiud omandavad uuesti võime endiselt kokku tõmbuda.

Pärast niisugust seletust omavad õpilased teatavat, olgugi väga elementaarset ja puudulikku kujutlust lihase väsimuse põhjustest ning puhkeperioodide tähtsusest [1].

Töövahendid. 1—2 konna. Lihaselaud. Induktsioonpool või transformaator. Element. Lüliti. Juhe. Elektroodid. Ergomeeter. Vihid raskusega 10, 20 g, 1, 2, 3 kg. Käärid. Pintsett. Skalpell. Prepareerimisnõel. Pipett. Prepareerimisvann. Käterätik. Pudel füsioloogilise lahusega külmaverelistele.

7. Inimese keha lihaste üldine ülevaade.

Üldine orientatsioon. Inimese keha lihaste ülevaate andmise metoodika on kõige vähem käsiteldud küsimus teema „Luude ja lihaste süsteem" õpetamisel. Õpetajaile teevad tavaliselt raskusi järgmised küsimused: missuguses ulatuses peab toimuma õpilaste tutvustamine inimese keha lihastega? Millele tuleb nende puhul suunata õpilaste peamine tähelepanu?

Mitmesugustest lihastest on tarvis käsitella sääraseid, mille tundmine on tarvilik edasise töö juures (hingamis-

[1] Õpilased vahetavad sageli lihase väsimuse ära üldise väsimustundega. Peab selgitama, et väsimustunne tekib mitte ainuüksi lihaste, vaid ka närvisüsteemi väsimuse tagajärjel. See on organismis kui tervikus toimuvate keerukate protsesside tagajärg.

lihased, kõhulihased). Peale selle tuleb õpilasi tutvustada lihastega, mille arenemine on tihedas seoses inimese spetsiifiliste eripärasustega — tööga, püstikõndimisega ja miimikaga. Samuti peab ülevaate puhul konkreetsete näidete varal selgitama antagonistide (vastandtoime-lihaste) ja sünergistide (koostoime-lihaste) mõistet.

Ülevaate andmisel inimese keha lihastest tuleb peamise õppevahendina kasutada vastavat seinatabelit ja õpiku jooniseid. Üksikute lihastega tutvumisel pakub õpilastele suurt abi nende lihaste kokkutõmmete vaatlemine omaenda kehal. Kuid säärast võtet tuleb kasutada suure ettevaatusega, sest õpetaja mitteküllaldase kontrolli puhul teeb õpitavate lihaste leidmine õpilastele raskusi. Komplemist tuleb õpilastel lubada ainult iseenda ja mitte kaaslaste juures, sest muidu võivad need vaatlused kogenematu õpetaja puhul tarbetuks mänguks muutuda.

Lihaste jaotumine inimese kehas. Lihastest ülevaate andmisel võib õpetaja lühikeses sissejuhatavas vestluses tähendada, et inimese kehas on lihaseid väga palju, nimelt üle 500. Need jaotuvad umbes järgmiselt: peal on ligi 60 lihast, kaelal üle 30, seljal üle 150, rinnal üle 50, kõhul ligi 20, igal jäsemel umbes 50 lihast. Lihased asetsevad mitme kihina, mida tabelil pole nähagi.

Pea lihased. Lihaste üldist ülevaadet võib alustada pea lihaste käsitlemisega. Seletamisel tuleb peamist tähelepanu pöörata miimiliste lihaste mõiste selgitamisele. Need lihased asetsevad peamiselt silmade, suu ja nina ümber. Nad algavad luude juures ja lõpevad näonahas. Kokkutõmbumisel ühed neist sulevad, teised laiendavad avasid. Sulgurlihased asetsevad ümber ava rõngakujuliselt, laiendajad — radiaalselt. Miimiliste lihaste kokkutõmbumisel muutub avade kuju ja näonahal tekivad kortsud, mis põhjustavad näoilme muutumist. Niisugust näo-

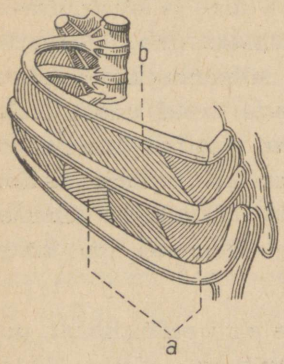
ilme muutumist nimetatakse miimikaks, millest tuleb ka lihaste nimetus — miimilised.

Võtame näiteks suu sõõrlihase. See on ühenduses suure hulga lihastega (põse-, lõuatsi-, üla- ja alalõualihastega ning nina lihastega). See mitmekülgne lihaseaparaat võimaldabki meil teha suuga mitmesuguseid liigutusi: huuli vilistamiseks välja sirutada, neid naeratuseks pingule tõmmata, põlglikult alla lasta, tigedalt laiali ajada jne. Miimilistest lihastest tuleb meeles pidada laubalihast, suu ja silmade sõõrlihaseid. Miimilised lihased kuuluvad nende lihaste hulka, mis inimesel on kõige täiuslikumalt arenenud.

Pea lihastest võib veel mainida eriti mälurlihast, mis tõstab mälumisliigutuste puhul alalõuga. Selle lihase asukohta on kerge kindlaks määrata, kombeldes põske, kui hambad on kõvasti kokku pigistatud. Mõnedel inimestel võib näha, kuidas see lihas mälumisel naha all kokku tõmbub.

Kere lihased. On täiesti küllaldane, kui kere lihaste asukohast ja funktsioonidest antakse ülevaade selles ulatuses, nagu on näidatud õpikus leiduval joonisel. Erilist tähelepanu peab osutama lihastele, mille kokkutõmbumine põhjustab rahuliku ja sügava hingamise puhul rinnaõõne mahu muutumist. Niisuguste lihaste hulka kuuluvad suured rinnalihased, saaglihased, kõhu sirglihased, roietevahelised lihased (välimised ja sisemised) ja diafragma. Roietevahelised lihased pole õpiku joonisel näidatud. Nad asetsevad kahe kihina roiete vahel (joon. 31). Välimised roietevahelised lihased on suunatud tagant ette ja ülalt alla (*b*). Nende kokkutõmbumisel toimub roiete tõusmine. Sisemised roietevahelised lihased asetsevad vastassuunas, eest taha (*a*). Nende toime on vastupidine: nad tõmbavad roideid tagasi alla.

Diafragma on Kabanov'i õpikus kujutatud joonisel 39. Et anda kujutlust tema asukohast ja välimusest, peab diafragmat tabeli kõrval näitama ka loomulikul kujul kas lahatud looma (kassi, küüliku, roti) juures või märgpreparaadi näol. Diafragma kujutab endast õhukest lamedat lihast, mis on pinguldatud kaarena rindkere alumise avause kohale. Lihaskiud asetsevad servades; keskkohas aga muutuvad nad kõõluseks. Diafragma jagab inimese kehaõõne kaheks osaks: ülemiseks — rindkereõõneks ja alumiseks — kõhuõõneks. Diafragma ehk vahelihas võlvub kuplikujuliselt rindkereõõne poole. Diafragma lihaste kokkutõmbumisel lamendub kuppel, mille tagajärjel rindkereõõne ruumala vertikaalses suunas suureneb.



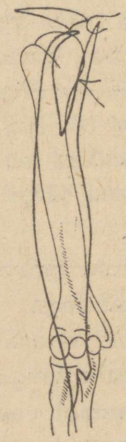
Joon. 31. Roietevahelised lihased: *a* — sisemised roietevahelised lihased; *b* — välimised roietevahelised lihased.

Selgitades kõhu lihaste tähtsust, tuleb tähelepanu juhtida sellele, et üheaegselt kokku tõmbudes vähendavad nad sisikonnale rõhudes kõhuõõnt. See kõhu lihaste rõhumine (kõhupress) soodustab rooja kõrvaldumist sooltorust, toidu eemaldumist maost oksendamise ajal jne.

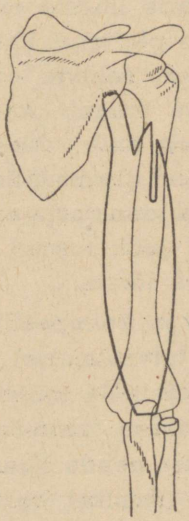
Vaagna lihased moodustavad äärmiselt keeruka lihaste süsteemi. Nende lihaste juures, välja arvatud suured tuharalihased, ei ole tarvis õpilastega peatuda. Suured tuharalihased asetsevad keha tagaküljel. Mitte ühelgi loomal nad ei saavuta sellist arengut nagu inimesel. Nad

võtavad osa inimese keha hoidmisest vertikaalseisangus ja moodustavad paksu lihaselise istmiku.

Ülajäsemete lihased. Siirdudes ülajäsemete lihaste juurde, peab kõigepealt rõhutama, et käed omavad suurt liikumisvabadust. Seda on õpilastele kerge demonstreerida, tehes käega mitmesuguseid liigutusi. Peab tähelepanu juhtima sellele, et käe liigutuste mitmekesisus, võr-



Joon. 32. Õlavarre kakspealihas (skeem).



Joon. 33. Õlavarre kolmpealihas (skeem).

reldes loomade eesjäsemete liigutustega, on inimese iseloomulikuks eripärasuseks. Käe liigutuste mitmekesisus on tihedaimas seoses tema poolt tehtava tööga ja samuti suure hulga lihaste olemasoluga, mille hulgas eristatakse käe painutajaid ja sirutajaid, mis tõstavad ja langetavad, lähendavad ja eemaldavad, pööravad ja pingutavad kätt.

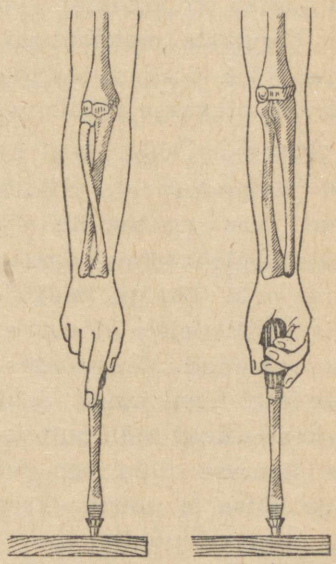
Neist mitmekesistest lihastest tuleb tutvumiseks eraldada väga piiratud arv. Piisab, kui õlalihastest peatuda

kõige tugevama — deltalihase juures. Selle kokku tõmbudes tõuseb käsi horisontaaltasemeni. Tõstes käe horisontaalasendisse võivad õpilased selle lihase endal kergesti leida. Seejuures peab teise käe peopesa asetsema tõstetud käe õlaliigesest pisut allpool.

Õlavarre lihaste käsitlemisel juhitakse õpilaste tähelepanu ainult kahele lihasele — kaks- ja kolmpealihasele. Enne nende lihaste osa selgitamist tuleb peatuda nende nimetuste päritolul. Kaks- ja kolmpealihas said oma nimetuse seoses sellega, et nende ülemiste otste kinnistumine luu külge toimub kakspealihasel kahe, kolmpealihasel kolme pea abil. Oleks hea, kui seda seletust saadaks siin toodud skemaatiliste jooniste 32 ja 33 järgi valmistatud tabeli demonstreerimine. Kakspealihas on õpilastele tavaliselt juba tuntud. Tema arenemise järgi nad määravad käe jõudu.

Kaks- ja kolmpealihas on demonstreerimisobjektideks õpilaste tutvustamisel lihaste-antagonistidega. Seepärast on hea käsitella mõistet antagonistidest seoses kaks- ja kolmpealihase funktsioonide tundmaõppimisega. Õpilastel lastakse nende lihaste kokkutõmbumisel vaadelda käe liigutusi. Rusikat kokku surudes painutagu nad selleks küünraliigese kohalt kätt. Samal ajal peab nende teise käe peopesa lasuma painutatud käe õlavarre keskkohal. Õpilased jälgivad, mis toimub käe painutamisel õlavarre piirkonnas. Tavaliselt nad täheldavad, et paindudes kakspealihase keha jämeneb, muutudes tihedamaks ja vetruvamaks. Kui vaadelda kakspealihase kokkutõmbumist alasti käel, siis võib lihast naha all selgesti näha. Siit tehakse järeldus: kakspealihase kokkutõmbumine põhjustab küünarvarre paindumist küünraliigeses. Lihaseid, mis põhjustavad paindumist, nimetatakse painutajaiks. Kakspealihas on painutaja.

Pärast seda lastakse õpilastel teine vaatlus sooritada. Pangu nad nüüd peopesa uuesti käe õlavarre piirkonna keskkohta, kuid juba vastasküljelt. Käsi peab seejuures küünraliigese kohalt painutatud olema. Õpetaja käsib jälgida, mis toimub kolmpealihasega käe sirutamisel. Õpilased täheldavad käe sirutamisel kolmpealihase jämenemist, kompaktsemaks muutumist. Käe painutamisel täheldatakse vastupidist — lihas lõtvub. Õpilased korraku seda liigutust mitu korda, sest kolmpealihast ei õnnestu mitte alati kohe leida. Järeldus on selge: kolmpealihas sirutab küünarvart küünraliigeses. Lihaseid, mis põhjustavad sirutamist, nimetatakse s i r u t a j a i k s. Kolmpealihas on s i r u t a j a.



Joon. 34. Supinatsioon ja pronatsioon: *a* — pronatsioon; *b* — supinatsioon.

Vaatlustest järeldatakse, et need lihased toimivad vastassuunaliselt. Niisuguseid lihaseid nimetatakse a n t a g o n i s t i d e k s. Selgitades lihaste-antagonistide mõistet, on otstarbekohane tahvlil anda nende lihaste toimest skemaatiline kujutis, nagu on näidatud õpiku joonisel 71. Mis puutub küünarvarre lihastesse, siis neist peab kõnelema üheskoos, arutamata iga lihase funktsiooni eraldi.

Küünarvarre piirkonnas on umbes 20 lihast. Oma

ülesande järgi jagunevad nad painutajaiks ja sirutajaiks. Ühed neist painutavad ja sirutavad kogu kätt, teised ainult sõrmi. Üks lihastest juhib pöialt kõrvale. Peale selle asetsevad siin lihased, mille kokkutõmbumisel peopesa pöördub ette (supinatsioon) ja tagasi (pronatsioon, joon. 34). Nende liigutuste iseloomu on kerge vaadelda töö juures kruvikeeraja või korgitsaga. Küünarvarre ja käe liigutuste mehhanismi pronatsiooni ja supinatsiooni puhul võib demonstreerida tabeli abil, mis on valmistatud käesolevasse raamatusse paigutatud joonise järgi.

Jääb öelda veel mõni sõna sõrmede lihaste kohta. Kõigist sõrmedest on pöidlal kõige arenenumad lihased. Tänu oma painutamis- ja sirutamis-, lähendamis- ja eemaldamislihastele omab pöial niisugust liikuvust, nagu seda pole ühelgi teisel sõrmel. Lihas, mis vastastab pöialt kõigi teiste sõrmedega, on ainult inimesel nii võimsalt arenenud. Vastastades pöialt kõigi teiste sõrmedega, võib käsi kinni hoida riistu ja nende abil teha kõige mitmekesisemaid tööliigutusi. Kuivõrd suur on pöidla tähtsus inimese tööalases tegevuses, võib demonstreerida väga lihtsa ja veenva katsega. Selleks kästakse õpilastel, surunud pöidla vastu peopesa, kirjutada, võtta esemeid laualt jne. Mainitud töid õnnestub teha suure vaevaga.

Alajäsemete lihased. Analoogiliselt käte lihaseile on alajäsemete lihased oma funktsioonidelt väga mitmekesised. Nende hulgas eristatakse samuti painutajaid ja sirutajaid, lähendajaid ja eemaldajaid, pöörajaid jt. lihaseid. Kõik need lihased etendavad suurt osa inimese seismisel ja liikumisel — kõndimisel, hüppamisel ja jooksmisel.

Andnud jala lihastele õpiku piirides iseloomustuse, tuleb veidi üksikasjalisemalt peatuda sääremarjalihasel. Sääremarjalihas pakub suurt huvi. Ühes pea miimiliste

lihaste ja istmikulihasega eraldab ta inimese kõigist teistest loomadest. See lihas on tugevasti arenenud ainult inimesel, kelle kogu keha raskus lasub jalgadel. Ülal kinnistub sääremarjalihas reieluule, all tugeva Achilleus'e kõõluse[1] abil — kandluule.

Et õpilased tavaliselt on huvitatud selle nimetuse päritolust, võib neile öelda, et oma nimetuse „Achilleus'e" eest võlgneb kõõlus tänu järgmisele muinas-kreeka müüdile: Sellest kõõlusest hoidis Achilleus't kinni tema ema, kui ta kastis poja püha jõe Styx'i vette, et teda haavamatuks teha. Kastmise ajal ei märgunud Achilleus'e kand ja jäi seepärast haavatavaks. Hiljem sattus just sellesse kanda nool, mis Achilleus'e hukutas.

On huvitav märkida, et muinas-kreeka tuntud arst Hippokrates ja tema järgi ka kõik arstid kuni uue ajani arvasid, et igasugune Achilleus'e kõõluse haavamine on inimese elule äärmiselt ohtlik. Seepärast nad vältisid igasugust kirurgilist operatsiooni Achilleus'e kõõluse piirkonnas. Nüüdisajal on Achilleus'e kõõluse operatsioon, mida rakendatakse nn. „kompjalgsuse" kõrvaldamiseks, kirurgilises praktikas päris tavaline.

Sääremarjalihasel on mahukas keha, mis moodustab nn. sääremarja. Sääremarjalihas painutab pöida, tõstes sellele kogu keha raskuse käimisel ja jooksmisel. Sääremarjalihaste pingust võib varvastele tõustes selgelt kombelda. Sääremarjalihast ja Achilleus'e kõõlust saavad õpilased endal jalgadel hõlpsasti jälgida.

Sellega võibki inimese keha eri lihastega tutvumise lõpetada.

[1] Achilleus'e kõõlusega liitub lestlihase kõõlus. Sääremarja- ja lestlihas, ühendatud ühe ühise kõõlusega, moodustavad tegelikult ühise sääre kolmpealihase.

Kokkuvõte. Kokkuvõttes juhitakse veel kord tähelepanu sellele, et rõhuv enamik lihaseid on paarilised, s. o. antagonistlikult tegutsevad. Peale selle rõhutatakse, et harva põhjustab mingit liigutust ainult üheainsa lihase kokkutõmbumine. Meie keha liigutusi ajendavad terved lihaste rühmad. Sääraseid lihaseid, mis põhjustavad tervikuna üht ja sedasama liigutust, nimetatakse koostoimelihaseiks (sünergistideks).

Klassiväline töö teema puhul „Luude ja lihaste süsteem".

Inimese ja loomade luustikkude võrdlev tundmaõppimine. Õpperingis võib organiseerida inimese ja loomade luustikkude süvendatumat tundmaõppimist. Siin toimub luustikkude ülevaate puhul koljude (nende aju- ja näo-osade arenemise), selgroo kuju ja tema eri osade lülide hulga, vaagna ja rindkere kuju, jäsemete ehituse iseärasuste võrdlemine. Uurimiste tulemusena võib valmistada koljude ning nende saetiste ja jäsemete kollektsioone, jooniste albumeid, tabeleid.

Luude töötlemine. Noorte loodusteadlaste ringile võib ülesandeks teha organiseerida tundides demonstreerimis- ja väljajagamismaterjalina kasutatavate mitmesuguste loomade luude kogumist ja töötlemist. Selle ülesande teostamiseks peavad õpilased tundma luude töötlemistehnikat. See seisab järgmises.

Esiteks lõigatakse luudelt hoolikalt maha liha ja kõõlused. Siis pannakse luud kastrulisse ja kallatakse veega nii üle, et see neid täielikult kataks. Veele lisatakse natuke soola. Kastrulit soojendatakse väikesel tulel. Vee ärakeemisel kallatakse seda juurde, et luud kogu aja vee alla jääksid. Keetmise lõpetamise aega on raske kindlaks määrata. See sõltub liha hulgast ja omadusest. Enamasti tuleb luid umbes 2—2½ tundi keeta. Keedetud luud puhastatakse pintsetiga lihajäänustest, pehmed osad nühitakse hambaharja või lapiga maha.

Luude matseratsiooni võib teostada ka nende leotamise teel leeliselahuses. Selleks valmistatakse soodalahus (mida kasutatakse pesupesemiseks), arvestades 1 teelusikatäis soodat klaasi vee kohta. Niisuguses lahuses hoitakse lihast puhastatud luid mitu ööpäeva.

Aeg-ajalt proovitakse pintsetiga, kas sidekoe ja liha tükid luudelt kergesti irduvad. Kui luid on kerge lihast puhtaks saada, siis puhastatakse nad noa ja pintsetiga lõplikult, loputatakse soojas vees ja kuivatatakse.

Pleegitamiseks pannakse luud päikese kätte ja valatakse sageli veega üle. Luude pleegitamist võib teostada ka vesinikülihapendi abil. Selleks pannakse luud klaaspurki, mis on täidetud vesinikülihapendi-lahusega (1 osa vesinikülihapendit 3 osa vee kohta). Purki puistatakse vähehaaval soodat. Siis tõuseb purgi põhjast üles palju hapnikumulle, mis katavad luud. Sellesse lahusesse jäävad luud 2—3 päevaks. Seejärel nad pestakse ja kuivatatakse.

Kloorlubjalahuses pleegitatakse ainult suuri luid. Need pannakse lahusesse 1—2 tunniks. Et kõrvaldada kloori, loputatakse luid pärast nõrgas naatriumhüdroksüüdi- (sööbenaatriumi-) lahuses. Lõppeks pestakse pleegitatud luid vees ja kuivatatakse.

Luusaetiste valmistamine. Luude risti- ja pikisaetised tehakse metalli saagimiseks määratud käsi-päkksae või jõhvsaega. Parem on saagida külmutatud luid. See kaitseb neid purunemise eest. Saetavate plaatide paksus olgu 5—6 mm. Saetiste pleegitamine toimub ainult vesinikülihapendiga. Saetiste loputamisel peab vett kallama suure ettevaatusega, et luu käsnollust mitte vigastada. Luu saetised monteeritakse vineertahvlikestele. Tahvlikeste suurus võib olla 15×25 cm. Tahvlikesed värvitakse mustaks. Luusaetised kleebitakse neile tisleriliimiga.

Katsed luu kõvaduse proovimiseks. Töövahendite valmistamine. Õpperingis on soovitav katseid teha mitmesuguste väikeste loomade — konna, hiire, roti, kana jne. toruluude kõvaduse proovimiseks.

Täiesti edukalt toimub ringis töö lihaste omaduste demonstreerimiseks vajalike töövahendite valmistamise alal. Ilma vaevata võivad õpilased valmistada lihaselaua „Mekkano" detailidest (lk. 143), õlgkangikese (vt. lk. 192), ergomeetri ja lüliti elektrivoolu katkestamiseks. Lüliti valmistatakse kahest rauatükist.

IX. VERI JA VERERINGE.

Teema koht ja tähtsus.

Teemaga „Veri ja vereringe" pannakse alus anatoomia ja füsioloogia kursuse edaspidisele käsitlusele. Selle teema puhul tuleb õpilastele anda selge käsitus organismi sisekeskkonnast kui sellest vedelast keskkonnast, millesse on just nagu „vajunud" elundite koed ja rakud, mille kaudu toimuvad kudede ainevahetusprotsessid ja mis etendab organismi kui ühtsa terviku füsioloogiliste protsesside reguleerimisel määratut osa.

Kui puudub selge käsitus sisekeskkonna — vere ja lümfi tähtsusest, on võimatu füsioloogia edasist kursust teadlikult omandada. Aine- ja energiavahetuse protsessid jäävad siis õpilastele selgusetuks.

Niisama tähtis on käsitus sisekeskkonna koostise suhtelisest konstantsusest. Rakkude, kudede ja elundite normaalne elutegevus on võimalik ainult siis, kui sisekeskkonnas leidub teatavaid aineid teatavais hulkades ja teatavais vahekordades (hulgalt ja funktsioonilt). Plasma reaktsioon, tema soolade-, valkude-, rasvade-, süsivesikute- ja amiinhapete-, fermentide-, hormoonide- jne. sisaldus, lõpuks vormelementide-sisaldus suhteliselt konstantseis kogustes — kõiki neid momente peab õpetaja sisekeskkonna osa selgitamisel arvestama.

Endastmõistetavalt ei saa X klassi õpilastel selline avar ja sügav käsitus sisekeskkonna osast ja tema koostise konstantsusest lõplikult välja kujuneda hoopiski mitte nüüd, anatoomia ja füsioloogia õppimise esimestel sammudel. Niisugune käsitus peab kujunema kogu kursuse läbivõtmise tulemusena, selle üldkokkuvõtte tulemusena — lõppteema „Ainevahetus" puhul. On aga väga tähtis, et juba algusest peale oleksid pandud esimesed alused organismi sisekeskkonna ja selle koostise säärasele käsitusele. Selleks on väga tähtis, et kursuse kõigi järgnevate osade läbivõtmisel õpetaja ei jätaks silmapaari vahele elundite ehituse ja funktsioonide seost organismi sisekeskkonna koostise ja funktsioonidega ja nii järk-järgult laiendaks teadmiste ulatust sisekeskkonnast.

Mida õpilased peavad omandama. Teadmised, mis õpilased teema läbivõtmisel peavad omandama, võib loetlemisel jaotada kolme kategooriasse: morfoloogilise, füsioloogilise ja füüsikalis-keemilise iseloomuga teadmised.

1. Teadmised morfoloogia alalt. Südame asetus rindkereõõnes. Südame ehitus: kojad ja vatsakesed, nende lihasvaheseinad, südamepaun, südame sisepind, puri- ehk hõlmklapid ja tasku- ehk poolkuuklapid. Suur ja väike (kopsu-) vereringe: arteerid (tuiksooned) ja veenid (tõmbsooned), nende seinte ehitus, veeniklapid, kapillaarid, aort ja selle üldkulg, ülemine ja alumine tühi- e. õõnesveen, kopsuarteer, kopsuveenid[1].

Lümfiõõned, lümfisooned ja nende klapid, lümfisõlmed, lümfi rinnajuha ja selle suubumine suurde vereringesse.

Plasma ja vere vormelementide, vere puna- ja valgeliblede ning vereliistakute ehitus ja hulk. Lümf, selle plasma ja vormelemendid. Luuüdi.

2. Teadmised füsioloogia ja tervishoiu alalt. Vere hüübimisprotsess: fibriin ja vereseerum, fermentide toime (ilma terminiteta

[1] Värativeenisüsteemi, soolestiku, neerude jne. varustamist verega käsitellakse vastavate teemade puhul.

„trombiin", „trombokinaas" jne.), lahustatud kaltsiumisoolade olemasolu, vere hüübimise tähtsus, mähiste toime, verejooks.

Vere punaliblede funktsioonid: hapniku edasikandmine, osavõtt süsihappe edasikandmisest.

Vere valgeliblede funktsioonid: fagotsütoos ja osavõtt antikehade loomisest, vere valgeliblede väljapääs kapillaaridest. Immuunsuse mõiste — loomulik ja kunstlik, aktiivne ja passiivne. Vereliistakute funktsioon (osavõtt vere hüübimisprotsessist).

Vereplasma funktsioonid: toitainete, lagunemis- ja hapendumissaaduste ning süsihappe edasikandmine; plasmasoolade kontsentratsioon ja selle tähtsus.

Lümfi funktsioonid: ainete edasikandmine verest kudedele ja tagasi.

Lümfisõlmede, luuüdi ja põrna osatähtsus vereloomes.

Südame töö. Südametegevuse rütm. Hõlm- ja poolkuuklappide ülesanne. Pulsilaine. Vererõhk arteerides ja veenides, vere liikumine neis. Veeniklappide ülesanne. Lümfi liikumine.

Vereringe regulatsioon. Südame autonoomsete närvikeskuste mõiste, isoleeritud süda, uit- ja sümpaatiliste närvide südameharude tähtsus. Veresoonte laienemise ja ahenemise reflektoorne regulatsioon.

Vereringesüsteemi tervishoid: lihaste tegevuse mõju südamele, südame treenimine, südame liigväsimus, süda kasvueas.

3. *Teadmised füüsika ja keemia alalt.* Osmoos ja osmootne rõhk. Rõhu mõõtmine manomeetri abil.

Vesi. Soolad (NaCl, $KHCO_3$, $NaHCO_3$, $CaCO_3$). Kujutlus valkudest, rasvadest ja süsivesikuist (viinamarjasuhkrust). Kujutlus hemoglobiinist kui valkaine ühendist verevärvnikuga, mis sisaldab rauda. Hapendumine ja taastamine. Oksühemoglobiin ja taastatud hemoglobiin. Arteriaalne ja venoosne veri.

Teema läbivõtmise plaan. Teema läbivõtmisel tuleb kinni pidada järgmisest järjestusest. 1. Veri ja lümf kui organismi sisekeskkond. 2. Vere ja lümfi morfoloogia ja füsioloogia. 3. Vere- ja lümfiringe üldskeem. 4. Vereringe-elundite anatoomia ja füsioloogia. 5. Vereringe-elundite tegevuse regulatsioon.

Aja nende alateemade läbivõtmiseks võib jaotada näiteks järgmiselt. Alateemale „Veri ja lümf kui organismi

sisekeskkond" — ½ tundi; alateemale „Vere morfoloogia ja füsioloogia" — 2½ tundi; „Vere- ja lümfiringe üldskeem" — 1 tund; „Vereringe-elundite anatoomia ja füsioloogia" — 3 tundi; „Vereringe-elundite tegevuse regulatsioon ja tervishoid" — 1 tund. Küsitlemisele ja teadmiste kinnistamisele tuleb eraldada 1 tund.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmiseks.

1. Veri ja lümf kui organismi sisekeskkond.

Esimene käsitus organismi sisekeskkonnast antakse pooletunnise sissejuhatava loengulise ettekandega.

Sisekeskkond ja tema evolutsioon. Õpetaja juhib kõigepealt õpilaste tähelepanu sellele, et kudede rakkude elutegevus on võimalik ainult vedelas keskkonnas. Ainult sellest võivad rakud saada toitaineid ja hapnikku, ainult sellesse nad saavad eritada süsihappegaasi ja muid elutegevuse saadusi. Siin peab õpilastele meelde tuletama ja kokku võtma mõningaid teadmisi zooloogia kursusest. Lihtsaimate, s. o. ainuraksete loomade elamiskeskkonnaks on vesi, mille abil teostub nende ainevahetus (toitumine, hingamine, eritamine). Kõige lihtsamini organiseeritud hulkraksed loomad — käsnad ja ainuõõssed — on samuti kõik veeolendid ja nende kudede rakud on veega alatises kokkupuutes ning vahetuses. Keerukamalt organiseeritud loomad omavad kehas õõnevedelikku, mis ümbritseb elundeid ja rakke, ja see õõnevedelik, nn. sisekeskkond, muutub suurel määral vahendajaks kudede rakkude ja väliskeskkonna vahel; õõnevedeliku kaudu teostub toitumine, eritamine ja osalt hingamine (näiteks lameussidel). Edasisel arenemisel hakkab osa õõnevedelikku voolama erilisi torusid — veresooni mööda, s. o. õõnevedelikust diferentseerub verevedelik, mis voolab

vereringesüsteemis (näiteks rõngussidel)[1]. Õõnevedelik ehk lümf erineb veidi oma koostiselt verest (näiteks on limukal veres lahustunud verevärvnikku — hemoglobiini, aga lümfis seda ei ole).

Selgroogsete loomade ja inimese organismis moodustab sisekeskkond, s. o. lümf ja veri, tunduva osa kehakaalust. Nii kaalub 65-kg kehakaaluga inimese lümf ühes verega umbes 30 kg.

Huvitav on viidata sellele, et kõrgemail loomadel ja inimesel need rakud, mis asetsevad keha pinnal ja mis puutuvad kokku õhuga ning pole ümbritsetud lümfist, on surnud rakud. Sellised on nahapinna sarvunud rakud. Huulte välispind on kaetud õhima surnud rakkude kihiga, kuna huulte sisepinnal, mis on alati niiske, on elavad rakud.

Sisekeskkonna koostise konstantsus. Edasi peab veidi peatuma sisekeskkonna koostise konstantsusel. Meenutanud seda, et vee koostise igasugune enam või vähem tunduv muutumine mõjub hävitavalt ainurakseile ja kõige lihtsamaile hulkrakseile loomadele (käsnadele ja ainuõõsseile) ja et sellise muutuse puhul hävivad nende keha rakud, võib teha järelduse, et samasugusel viisil peaks mõjuma ka sisekeskkonna koostise tunduv muutumine loomadel, kes seda keskkonda omavad. Need loomad on mitmeti kohastunud selleks, et säilitada vere ja lümfi koostist konstantsena. Vere ja lümfi liikumisel need vedelikud, kogudes ühtedest elunditest endasse kudede ja rakkude tarbetuid elutegevussaadusi, teistest elunditest läbi voolates vabanevad neist. Siin tuleb õpilaste mälus taastada see, mida nad on õppinud zooloogia kursuses: süsihappegaasi ja teiste tarbetute elutegevussaa-

[1] Võib veel tähendada, et molluskidel ja lülijalgseil on lahtine vereringesüsteem ja et neil on lümf ja veri vahetus ühenduses (hemolümf).

duste kogunemine veres ja nende ainete eemaldumine hingamis- ja erituselundite kaudu. Teiselt poolt täienevad veri ja lümf oma liikumisel nende ainete suhtes, mida nad kudedes ära andsid. Ka need faktid on õpilastele juba eelmistest kursustest tuttavad: veri saab kopsudest õhuhapnikku ja seede-elundeist toitaineid.

Nii muutub õpilastele arusaadavaks ka organismi sisekeskkonna liikumise tähtsus, s. o. vere- ja lümfiringe tähtsus.

Kui on aega, siis võib sissejuhatava loengu lõpetada lühikese ülevaatega vereringe avastamise ajaloost. Materjali selle ülevaate jaoks võib õpetaja peale stabiilses õpikus antu leida E. B. Babski õpikust „Inimese füsioloogia".

Väga tähtis on ajaloolisi teadmisi täiendada jutustusega Servet' saatusest, kes oli esimesi väikese vereringe kirjeldajaid. Ta põletati kirikukohtu otsusega 1653. a. Genfis ketserina tuleriidal.

2. Vere ja lümfi morfoloogia ning füsioloogia.

Pärast sissejuhatavat loengut tuleb asuda vere ja lümfi ehituse ning koostise ja vere koostusosade füsioloogia tundmaõppimisele.

Settinud vere demonstreerimine. Maininud õppetöö teema sisu — vere ehituse ja koostise tundmaõppimine —, asub õpetaja settinud või, kui koolil on tsentrifuug, siis tsentrifuugitud oksalaatse vere demonstreerimisele. Õpilaste tähelepanu koondub ülemisele läbipaistvale plasma-kihile, settinud punaliblede kihile ja vahemisele hallikale valgeliblede kirmele.

Settinud vere „valmistamine". Demonstreerimiseks kasutatakse verd, mis on saadud loomade tapmisel. Arteerist väljavoolav veri kogutakse nõusse, millesse enne oli valatud oblikhappekaaliumi-,

oblikhappenaatriumi- või oblikhappeammooniumi-lahust. Oblikhappesoola-lahus valmistatakse arvestades gramm ainet liitri vee kohta. Nõusse valatud veri segatakse hästi läbi. Seejuures setib vere kaltsium oblikhappesoola mõjul ja vere hüübimist ei toimu (oksalaatne veri). Nõu oksalaatse verega suletakse hoolikalt ja hoitakse külmas kohas.

1—2 päeva enne tundi kallatakse veri katseklaasidesse. Iga katseklaas täidetakse mitte üle $^3/_4$ tema mahust. Katseklaasid suletakse pealt korkidega (vatitompudega). Enne tundi viiakse katseklaasid ettevaatlikult klaasi, et settinud verekihid ei seguneks.

Kui kooli füüsikaliste või agrobioloogiliste töövahendite hulgas on tsentrifuug, siis võib oksalaatse vere jaotamist plasmaks ja vormelementideks teostada igal momendil. Selleks täidetakse tsentrifuugi katseklaaside mahust mitte üle $^2/_3$ verega ja asetatakse tsentrifuugi kestadesse. Katseklaasid peavad kestadesse mahtuma täiesti vabalt. Kestadesse asetatud katseklaasid tuleb tasakaalustada.

Enne käimapanemist kinnistatakse tsentrifuug kindlale lauale. Tsentrifuug tuleb aegamööda pöörlema panna ja niisama aegamööda seisma jätta. 10—15-minutise kiire pöörlemise järel saadakse täiesti küllaldane kiht plasmat klassis demonstreerimiseks.

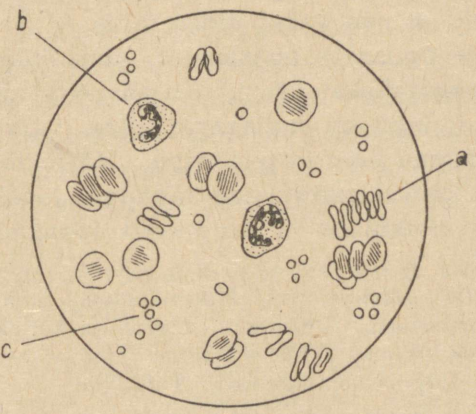
Töövahendid. Värske veri. Tsentrifuug (mitte tingimata tarvilik). 1—2-liitrine akvaariumanum. Katseklaasid. 1—2 g oblikhappekaaliumi, -naatriumi või -ammooniumi.

Vere vaatlemine mikroskoobi all. Pärast seda tuleb siirduda vere mikroskoopilise pildi tundmaõppimisele. Kui on olemas mitu mikroskoopi, siis võib värske vere vaatlemist teostada laboratoorse tööna; kui aga koolil on üks-kaks mikroskoopi, siis tuleb leppida demonstreerimisega. Loomulikult on tarvis selle töö ajaks klassis üles riputada tabel vere mikroskoopilisest pildist [1]. Äärmisel juhul võib tabelit asendada õpetaja joonis klassitahvlil (joon. 35).

Mikroskoobilise preparaadi valmistamiseks võtab õpetaja verd kas endalt või ühelt õpilaselt.

[1] Seda on väga kerge omal jõul valmistada jooniste järgi, mida leidub igas füsioloogiaõpikus.

Olles vati abil ühe vasaku käe sõrme otsa piiritusega hästi puhtaks hõõrunud, tehakse enne piirituslambi leegil tuliseks aetud ja siis jahtunud terava nõelaga piste. Väljatulnud veretilk kantakse esemeklaasile [1]. Torgatud koht tuleb otsekohe joodtinktuuriga üle määrida. Katteklaasi abil tehakse õhuke äigepreparaat. Äigepreparaati vaadeldaksegi mikroskoobi all.



Joon. 35. Veri mikroskoobi all (skeem): *a* — erütrotsüüdid; *b* — leukotsüüdid; *c* — trombotsüüdid.

Üksteiselt vere saamise operatsioon ja heade äigepreparaatide valmistamine võtavad õpilastelt tublisti aega. Seepärast on soovitav õpetajal üks äigepreparaat endal teha ja siis, saanud sõrmest teise veretilga, lahustada see kuupsentimeetris füsioloogilises lahuses (0,9%), mis on enne puhtal uuriklaasil valmistatud. Õpilased võtavad siit lahust tilkhaaval esemeklaasile ja, katnud selle katteklaasiga, vaatlevad seda enne koolimikroskoobi väikesel ja siis suurel suurendusel.

[1] Kui veri kohe välja ei tule, peab käe alla vajuda laskma.

Äigepreparaadil, kui see on küllalt õhuke, võib näha vere punaliblesid, punalibledest „rahasambakesi"; vaatepiiril võib leida üksikuid valgeliblesid; vahel on näha ka vereliistakute (trombotsüütide) grupikesi.

Lahjendatud vere vaatlemisel on oma paremused: verelibled pole nii tihedalt hunnikusse kuhjunud nagu äigepreparaadil ja nende kuju on selgemini näha. Tõsi küll, valgeliblesid on lahjendatud veres raskem leida ja vereliistakuid ei näe vahel üldse mitte.

Tavaliselt õpilased imestavad: punalibled tunduvad olevat kollakasrohekat värvi. Tuleb selgitada, et väga õhukesel verekihil on kollakasroheline värvus ja alles paksema korrana näib ta punasena. Võrreldes vere mikroskoopilist pilti ülesriputatud tabeliga, joonistavad õpilased nähtu vihikuisse ja kirjutavad joonisele vastavad pealkirjad.

Töövahendid. Inimese veri. Mikroskoobid. Franck'i või tavaline nõel. Piirituslamp. Uuriklaas. Eseme- ja katteklaasid. Puhas piiritus. Joodtinktuur. Füsioloogiline lahus soojaverelistele (0,9% NaCl). Hügroskoopiline vatt. Tuletikud.

Värvitud preparaatide demonstreerimine. Demonstreerimise korras näidatakse õpilastele imetajate, lindude ja amfiibide värvitud verepreparaate. Siin peab õpilaste tähelepanu juhtima punaliblede suhteliselt suuremale kogusele ja ovaalsele kujule ning neis leiduvaile tuumadele lindude ja amfiibide veres.

Mitme mikroskoobi omamise puhul ei võta see demonstratsioon palju aega ja laboratoorsele tööle ühes demonstratsiooniga ei kulu üle ühe õppetunni.

Vereplasma. Pärast vormelementide käsitlemist on soovitav siirduda plasma koostise ja omaduste vaatlemisele. Enne võtab õpetaja eelmiste tundide tulemused järgneva skemaatilise ülestähenduse näol kokku, lastes õpilastel skeemi oma vihikuisse kirjutada.

Veri
- Plasma
- Vormelemendid
  - Vere punaliblesid umbes 5 miljonit kuupmillimeetris[1]
  - Vere valgeliblesid 5—10 tuhat kuupmillimeetris
  - Vereliistakuid 300—400 tuhat kuupmillimeetris

Siinsamas juhitakse tähelepanu sellele, et lümfil puuduvad vere punalibled ja et tema plasma on oma koostiselt väga lähedane vereplasma koostisele.

Aineist, mis kuuluvad plasma koostisse, tuleb tähelepanu juhtida sooladele, valkudele, viinamarjasuhkrule ja rasvadele. Esialgu pole põhjust peatuda plasma selliseil aineil, nagu amiinhapped, kusinik, kusihape, hormoonid jne. Nendega tutvumine toimub järk-järgult edaspidises õppetöös.

Plasma koostis võetakse klassitahvlil ja vihikuis kokku järgmise tabeli kujul:

Plasma
- Vett — umbes 91%
- Valke — umbes 7%
- Viinamarjasuhkrut — umbes 0,12%
- Rasvu — umbes 0,8%
- Soolasid — umbes 0,9%
- Teisi aineid

Viidatakse sellele, et plasmas on mitu valkainet, aga neist nimetatakse ainult fibrinogeeni, sest edaspidi tuleb

[1] Tavaliselt tekib õpilastel küsimus, kuidas on võimalik vereliblede arvu kuupmillimeetris kindlaks teha. Arvutuse näitamine on küllalt keerukas ja aeganõudev, seepärast tuleb tunnis ainult seletada, et veri lahjendatakse arvutuse jaoks 200 korda ja klaasil, mis on jaotatud rubriikidesse, küljega $^1/_{20}$ mm, loetakse mikroskoobi all ära liblede arv 200 korda lahjendatud vere $^1/_{4000}$ kuupmillimeetris ($^1/_{20} \times {}^1/_{20} \times {}^1/_{10}$). Saadud arv korrutatakse 800 000-ga (200×4000) ja saadaksegi erütrotsüütide hulk kuupmillimeetris. Kui on võimalik hankida Thoma-Zeiss'i kaamerat (haiglast, ambulatooriumist), on hea seda õpperingis demonstreerida.

juttu vere hüübimise nähtusest; sooladest juhitakse tähelepanu keedusoolale (NaCl), söögisoodale ($NaHCO_3$) ja kaltsiumi süsihappe- ning fosforhappesooladele.

Lakitaolise vere demonstreerimine. Plasma soolade kontsentratsiooni konstantsuse tähtsuse selgitamiseks demonstreeritakse katseid lakitaolise verega. Kolme katseklaasi valatakse igasse 2—3 cm^3 oksalaadset verd. Kõikidesse katseklaasidesse kallatakse võrdne kogus lahust: esimesse 0,9%-list NaCl-lahust, teise 0,5%-list NaCl-lahust ja kolmandasse 0,2%-list NaCl-lahust. Kolmandas katseklaasis muutub veri silmapilkselt läbipaistvaks (lakitaoline veri), teises — mõne sekundi pärast, esimeses aga ei muutu veri üldse lakitaoliseks. Siinsamas antakse nähtusele elementaarne seletus: vere punalibledes on soolade kontsentratsioon samasugune nagu plasmaski; soolade kontsentratsiooni vähendamise puhul plasmas tungib vesi osmoosi teel vere punalibledesse, nende kest venib suureks ja lõhkeb siis ning nende sisu lahustub plasmas. Soolalahuse lisamisel samasuguses kontsentratsioonis, nagu seda on veres (0,9%), ei purune punalibled. Säärast lahust nimetatakse seepärast füsioloogiliseks. Füsioloogilist lahust kasutatakse laialt füsioloogilise uurimise praktikas ja samuti vahel meditsiinilises praktikas (näiteks juhitakse seda vahel suurte verekaotuste puhul verre).

Vere hüübimine. Kaltsiumisoolad. Vere keerukat hüübimisprotsessi tuleb keskkoolis väga elementaarselt käsitella. Protsessi kõigist järkudest tähistatakse järgmisi: plasma ühe lahustunud valgu, fibrinogeeni muutumine plasmas leiduvate lahustunud kaltsiumisoolade ja erilise fermendi toimel, mille moodustamisest võtavad osa vereliistakud, tahkeks fibriiniks.

Eelmiste katsete ajal demonstreerisime kogu aja mit-

tehüübivat oksalaatset verd. Õpilastele tuleb seletada, et see veri koguti värskena nõusse, mis sisaldas oblikhappe- või sidrunhappenaatriumi [1]. See sool võtab plasma sooladelt kaltsiumi ära, kusjuures tekib oblikhappekaltsium, mis sadestise näol põhja langeb.

Nii saab õpilastele selgeks plasmas leiduvate lahustunud kaltsiumisoolade tähtsus vere hüübimisprotsessis: lahustunud kaltsiumisoolade puudumisel plasmas kaotab veri hüübimisvõime.

Fibriini demonstreerimine. Nõust hüübinud verega, mida tuleb tunnis näidata, võetakse välja hüüve, millest üht osa õpilaste silmade all hoolikalt veega pestakse (soovitav veekraani all). Saanud fibriinitükikesed kätte, veenduvad õpilased selles, et fibriinihüüve koosneb peaaegu valge värvusega vetruvaist kiududest ja et verehüübe punane värvus sõltub kiudude külge kleepunud vere punalibledest.

Ferment, mille mõjul veri hüübib, ja vereliistakute toime. Kui looma soontest väljavoolavat verd koguda külma nõusse, mis on asetatud jäässe, ja seda kogu aja seal hoida, siis veri tükil ajal ei hüübi. Asi seisab nimelt selles, et veresoontest väljavoolavasse verre tekib eriline aine (terminit „ferment" ei tule veel tarvitada, see jäetagu teema puhuks „Toitumine", kus tuleb meenutada fermenti, mille toimel veri hüübib), mis kehatemperatuurile lähedasel temperatuuril muudab vedela valgu, fibrinogeeni tahkeks fibriiniks, aga madalal temperatuuril temasse ei toimi. Selle aine moodustamisest võtavad ühes verega osa väljavoolavad ja seejuures hävivad vereliistakud.

Vere hüübimise tähtsus. Fibriinihüüve, mis tekib haava kohal, ummistab läbilõigatud veresooned ja lõpe-

[1] On soovitav klassile oblikhappenaatriumi näidata.

tab verejooksu. Haava sidumine ei saa iseendast verejooksu seisma panna, see ainult soodustab fibriini rikkalikumat tekkimist ja kaitseb haava mustumise eest. Õpetaja seletab, et leidub inimesi, kes põevad erilist haigust — veritsustõbe; nende veri pole võimeline hüübima või hüübib nõrgalt. Vähegi suurema haava puhul surevad nad verekaotuse tagajärjel ja mingisugune haava sidumine ei saa aidata — ei teki veresoonte loomulikku fibriin-ummistust [1].

Selgitanud nüüd v e r e s e e r u m i mõistet ja näidanud seda, lastakse õpilastel neil juba vihikuis olevat skemaatilist ülestähendust täiendada:

- Veri
  - Plasma
    - Vereseerum
    - Fibriin
  - Vormelemendid
    - Vere punaliblesid umbes 5 milj. kuupmillimeetris
    - Vere valgeliblesid umbes 5—10 tuhat kuupmillimeetris
    - Vereliistakuid umbes 300—400 tuhat kuupmillimeetris

Vere hüübimisprotsessi t u l e m u s t e meelespidamiseks aitab väga kaasa teatava analoogia toomine piima kalgendumisest. Samuti nagu piima kalgendumisel eraldub tahke kohupiim (juustollus) ja jääb järele mittekalgenduv hapupiimavesi, nii eraldub vere hüübimisel plasmast fibriin ja jääb järele mittehüübiv vereseerum. Ei tohi ainult mainimata jätta, et piima kalgendumisprotsess toimub hoopis teisel alusel.

[1] Võib ka veel seda mainida, et vere ülekandega tervetelt inimestelt võib hemofiilikuil vere hüübimisvõimet märgatavalt tõsta ja neid sel teel surmatoovast verekaotusest päästa.

Vere punaliblede tähtsus. Siirdudes vere vormelementide füsioloogiliste funktsioonide tundmaõppimisele, tuleb alguses peatuda punalibledel.

Kujutades endast üksikuid rakke, mis ei sisalda tuuma, omavad imetajate loomade ja inimese punalibled ümmargust, keskelt veidi muljutud ketta kuju (pinna suurenemine). Nad on kaetud õhima pinnakihiga (kestaga) ja sisaldavad endas vett, hemoglobiini (suurem osa kuivast jäägist), kahelis-süsihappekaaliumi ($KHCO_3$) ja muid aineid.

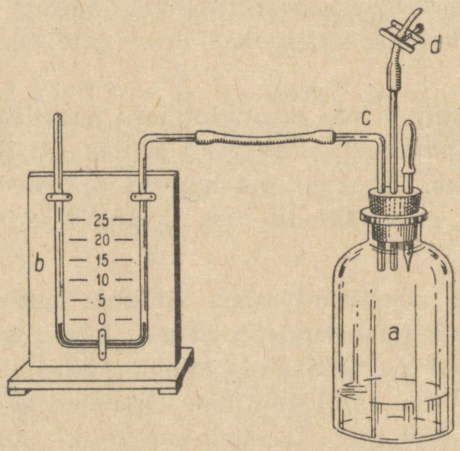
Saanud kujutluse hemoglobiini koostisest ja tema keemilistest omadustest hapniku suhtes (A. N. Kabanov'i stabiilse õpiku ulatuses), omandavad õpilased, nagu näitab praktika, punaliblede osa hapniku edasikandjaina väga hästi.

Süsihappe edasikandumine. Hoopis halvem on lugu süsihappe edasikandumisprotsessi küsimusega. Nagu revideerimised on näidanud, esineb õpilastel ses suhtes väga segaseid ja vääri kujutlusi. Õpetajad ei peatu tavaliselt sellel protsessil ja stabiilne õpik piirdub ainult ühe lausega: „Peale selle võtavad punalibled samuti osa ka süsihappe edasikandmisest." Ja ometi käsitellakse küsimust teema puhul „Hingamine" samuti ainult ühe lausega: „Selle põhjuseks on asjaolu, et veres on süsihape keemiliselt ühendatud: vereplasmas naatriumiga ja punalibledes kaaliumiga." Õpetaja peab sellesse küsimusse juba nüüd selgust tooma ja seda mitte kuni teema „Hingamine" läbivõtmiseni edasi lükkama.

Suurem osa süsihappest kandub edasi plasma kaudu, milles süsihape keemiliselt seostub naatriumisooladega, tekitades kahelis-süsihappenaatriumi ($NaHCO_3$), kuna väiksem osa kandub edasi punalibledega, milles süsihape keemiliselt seostub

kaaliumisooladega, tekitades kahelis-süsihappekaaliumi ($KHCO_3$). Neid plasma soolasid ja punaliblesid on õpetaja maininud juba varem. Nii „koormuvad" plasma ja punalibled keha kudedes süsihappega.

Kopsukapillaarides annavad $NaHCO_3$ ja $KHCO_3$ nendega ühinenud süsihappegaasi ära. Süsihappegaasi olemasolu vereplasmas on kerge tõestada.



Joon. 36. Endatehtud aparaat, millega demonstreeritakse gaaside olemasolu veres; *a* — plasma-sisaldaja; *b* — manomeeter; *c* — nurktoru; *d* — näpits plasma-sisaldaja hermeetiliseks sulgemiseks.

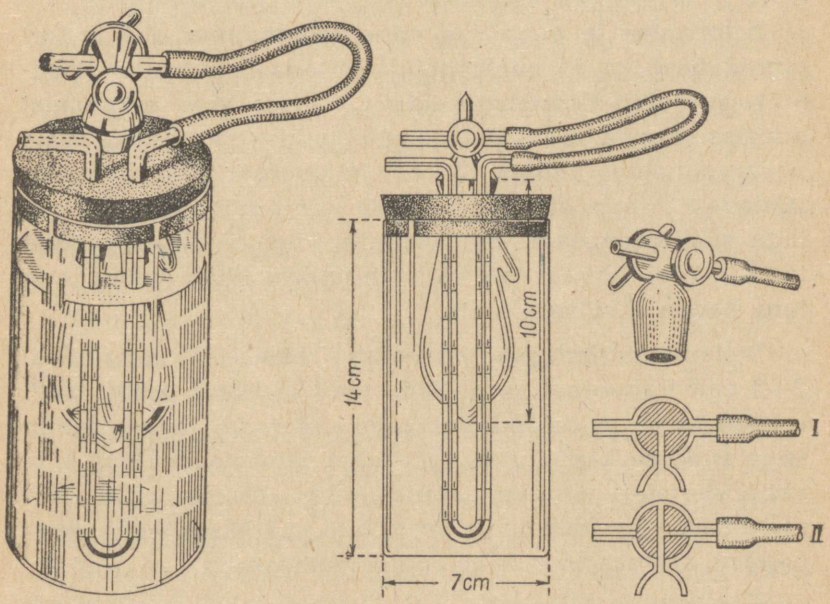
Demonstratsioon: plasma süsihappegaas. Katse korraldamiseks peab monteerima joonisel 36 näidatud aparaadi. Aparaat koosneb pudelist — plasma-sisaldajast, korgi sisse pistetud pipetist reaktiivi hoidmiseks ja manomeetrist. Manomeetrisse kallatakse veidi joodiga värvitud petrooleumi. Manomeeter ühendatakse kummitoru ja nurktoru abil pudeliga. Korgisse pistetud klaastorulõigu otsa pannakse kruvinäpitsaga kummitorulõik.

Katse süsihappegaasi eraldamiseks plasmast toimub järgmiselt. Pudelisse valatakse 2—3 cm^3 plasmat, mispeale pudel korgiga tihedalt suletakse. Siis täidetakse korgist väljavõetud pipett 20%-lise

viinakivihappe-lahusega ja pistetakse uuesti ettevaatlikult kohale. Klaastorulõigu avatud ots suletakse hermeetiliselt näpitsaga. Vedelik peab manomeetri mõlemas harus ühel tasemel olema.

Püsiva temperatuuri säilitamiseks pudelis on teda otstarbekohane toatemperatuurilisse vette panna.

Pigistanud pipeti kummiotsa kokku, lastakse pipeti sisu plasmasse voolata. Et katse käiku kiirendada, peab pudeli sisu lok-



Joon. 37. Aparaat, millega demonstreeritakse gaaside olemasolu veres.

sutama, hoides teda sealjuures ikka veenõus. Eralduv süsihappegaas põhjustab manomeetri avatud harus vedeliku tõusu. Selle tõestamiseks, et plasmast eraldub just nimelt süsihappegaas, tuleb manomeeter asendada lubja- või barüütvett sisaldava katseklaasiga.

Et põhjustada lubjavee märgatavat sogastumist, kallatakse pudelisse 10—15 cm^3 plasmat.

Sama katset võib teha ka spetsiaalaparaadiga (joon. 37), mis on müügile lastud Keskkoolide Instituudi poolt. Juhendid katse korraldamise tehnika kohta on antud aparaadiga kaasasolevas prospektis.

Töövahendid. Vereplasma. Keskkoolide Instituudi poolt konstrueeritud või analoogiline endatehtud aparaat veregaasidega tutvumiseks. Katseklaas. Käterätik. 20%-line viinakivihappe-lahus. Joodiga värvitud petrooleum. Lubjavesi. Toatemperatuuriline vesi.

Arteriaalse ja venoosse vere demonstreerimine. Tutvunud hapniku ja süsihappegaasi edasikandumise küsimusega, tuleb demonstreerida venoosse vere muutumist arteriaalseks ja vastupidi. Enne tundi on selleks vaja väike portsjon (umbes 10 cm^3) venoosset verd ette valmistada. Piisab, kui läbi väikese vereportsjoni lasta nõrk juga süsihappegaasi, mis hapniku hemoglobiinist välja tõrjub; veel lihtsam on väljahingatavat õhku teatav aeg toru kaudu läbi vere lasta.

Demonstreerimiseks võetakse kitsasse katseklaasi 2—3 cm^3 venoosset verd. Seda verd tarvitseb ainult hästi loksutada ja ta omandab heleda värvuse: hemoglobiin imes endasse hapniku, mis sisaldus katseklaasi õhus, s. o. venoosne veri muutus arteriaalseks. Lastes nüüd läbi sellesama vere väljahingatavat õhku, märkame tema tumenemist: arteriaalne veri muutus venoosseks.

Töövahendid. Oksalaatne või defibrineeritud veri. Katseklaasid. Klaastoru lõik.

Vere punaliblede suuruse ja hulga tähtsus. Lõpetades vere punaliblede tähtsuse küsimust organismis, tuleb veel peatuda punaliblede suuruse ja kuju küsimusel mitmesuguste selgroogsete loomade klasside juures. Laboratoorse õppetöö ajal nägid õpilased juba inimese, linnu ja amfiibi liblesid ning omavad nüüd kujutlust nende kuju ja ehituse mitmekesisusest, samuti nende suhtelisest suurusest. Neile võib anda veel järgmise tabeli andmed:

	Erütrotsüüdi diameeter	Erütrotsüüdi pindala	Erütrotsüütide hulk 1 cm^3-s	Üldpindala 1 cm^3-s
Inimene	7,8 μ	128 μ^2	5 000 000	640 mm^2
Konn . .	20 „	608 „	404 000	248 „

Erilist tähelepanu tuleb pöörata viimasele lahtrile. Järeldus on selge: imetajail loomadel on samasuguses verehulgas erütrotsüütide pindala suurem kui amfiibidel. Aga mida suurem on erütrotsüütide pindala, s. o. mida suurem on hemoglobiini kokkupuute pindala hapnikuga, seda energilisemalt toimub vere gaasivahetus. Et anda kujutlust erütrotsüütide üldpindalast inimesel, piisab, kui juhtida tähelepanu sellele, et see on määratu suur — moodustab umbes 3500 m^2.

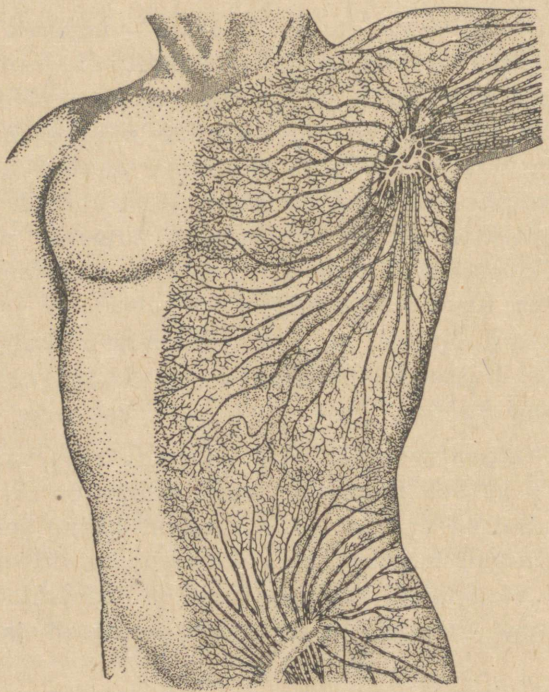
Stabiilses õpikus on selle küsimuse kohta küllalt teksti- ja illustratsioonimaterjali, nii nagu kehvveresuse küsimusegi kohta.

Vere valgeliblede tähtsus. Küsimus vere valgeliblede tähtsusest seoses immuunsusenähtustega on A. N. Kabanov'i stabiilses õpikus küllalt selgelt käsiteldud. Illustreerides tundi tabeliga, mis kujutab diapedeesi (leukotsüütide väljapääsu kapillaaridest) ja fagotsütoosi, lisab õpetaja oma loengule veel mõned seletused ja täiendused.

On väga tähtis õpilastel mitte lasta tekkida antropomorfistlikke kujutlusi valgeliblede toimest, s. o. mitte võimaldada nende personifitseerimist.

Kahjuks sallivad populaarteaduslik kirjandus ja õpetajad leukotsüütide tegevuse kirjeldamisel sääraseid väljendeid, nagu „astuvad võitlusse", „hävivad võitluses", „võidavad" jne. Õpik väldib täielikult sellist formuleerimist, seda peab ka õpetaja vältima.

Õpilaste loomulikult tekkivale küsimusele põhjuse kohta, miks leukotsüüdid toimetavad kõrvale võõrkehi või mikroobe, kogunevad nende ümber ja haaravad neid endasse, tuleb vastata, et neid liigutusi põhjustavad puhtkeemilised tegurid.



Joon. 38. Lümfisooned ja lümfisõlmed.

Toksiinid, mida eritavad ühed mikroobid, toimivad leukotsüütidesse keemiliselt, tõmmates neid juurde, teised aga, nagu näiteks kangestuskramptõve toksiin, tõukavad leukotsüüte endast eemale (kohanemise suhtelisus!).

Siin võib kasutada fakte, mis on tuttavad eelmistest kursustest — seemneniitide liikumine sõnajala eellehes

õunhappe poole, kalade ja teiste loomade spermatozoidide liikumine muna poole, amööbi liikumine toiteosakeste poole, entodermi rakkude abil toiteosakeste haaramine hüdra juures jne.

Ei tohi lubada ka teist tavalist vulgariseerimist — kinnitamist, et leukotsüüdid valmistavad antitoksiini („peavad keemilist sõda"). Antitoksiini ja plasma teiste kaitseainete tekkimine on väga keerukate, alles vähe uuritud protsesside tulemus, milledes leukotsüüdid kahtlemata tähtsat osa etendavad.

Tunnis tuleb samuti rõhutada, et leukotsüütide elutegevus toimub mitte ainult veres, vaid ka lümfis, et kaitseomadusi evivad ühteviisi nii vere- kui ka lümfiplasma.

Vere loomine. Viidates toruluude punasele luuüdile kui punaliblede tekkekohale, peab mainima, et neis leiduvad erilised poolduvad rakud, mis on alguseks noortele punalibledele. Tavaliselt tekib õpilastel küsimus, kuidas need noored libled luuõõntest veresängi pääsevad. Siin peab meelde tuletama, et luuollus on täis kanalikesi, mille kaudu pisimad veresooned tungivad luude siseõõntesse ja luuüdisse[1].

Mis puutub vere valgeliblede tekkimisesse, siis piisab sellel õppestaadiumil täiesti materjalist, mis õpikus on antud. Tuleb ainult lümfisõlmi näidata, lastes õpilastel neid kas või omaenda kaelal kombelda, või meenutades seda, et need angiini puhul üles paistetavad. Võib ka seda fakti nimetada, et sõrme mädaniku puhul valu sageli

[1] Muide, termin „luuüdi" viib õpilasi sageli eksiarvamusele: nad mõtlevad, et see „üdi" on närvisüsteemi osa, nagu pea- või seljaaju. Seepärast peab rõhutama, et luuüdi koosneb side-, aga mitte närvikoest ja et tal pole ei ehituselt ega funktsioonilt midagi ühist pea- ja seljaajuga.

tekib kaenla all, kus sel ajal samuti suurenenud lümfisõlmi kombelda võib. On samuti soovitav näidata pindmiste lümfisoonte ja -sõlmede tabelit (joon. 38).

Mainides põrna kui vereloome-elundit, peab seda näitama avatud kõhuõõne tabelil, inimese kere mulaažil, kui see on olemas, või siis lahatud imetaja looma preparaadil.

3. Vere- ja lümfiringe üldskeem.

Enne kui siirduda vereringega tutvumisele vereringesüsteemi üksikuis piirkondades, on otstarbekohane õpilastele esialgu anda üldpilt, üldskeem vere- ja lümfiringest.

Vereringesüsteemi võrdlev anatoomia ja füsioloogia. Ei tule unustada, et IX klassi zooloogia-kursuses keelikloomade läbivõtmisel õpiti tundma vereringesüsteemi arenemist selgroogsetel. Eelmistes klassides pandud alust tuleb kinnistada; selleks on tarvis seda materjali lühidalt korrata, kasutades IX klassi näitlikke zooloogiaalaseid õppeabinõusid. Eriti hoolikalt tuleb korrata imetajate vereringe skeemi.

Loomade vereringesüsteemi arengu võrdlev anatoomilis-füsioloogiline ülevaade teeb inimese vere- ja lümfiringesüsteemi anatoomia ja füsioloogia omandamise palju hõlpsamaks.

Arteerid, veenid ja kapillaarid. Nagu koolipraktika ja paljud revideerimised on näidanud, tekitab väär arusaamine anatoomilistest terminitest a r t e e r (tuiksoon) ja v e e n (tõmbsoon) suuri raskusi ning vahel ka ebameeldivaid arusaamatusi. Õpilastele tuleb algusest peale täpselt seletada, et sõltumata sellest, missugust verd sooned sisaldavad, kas arteriaalset või venoosset, arteerideks nimetatakse neid veresooni, mille kaudu veri voolab

südamest eemale, veenideks aga neid, mille kaudu ta voolab tagasi südamesse.

Asi seisab selles, et kõigil värvilistel skeemidel on sooned, mis kannavad arteriaalset verd, märgitud punase värviga, venoosset verd kandvad sooned aga sinisega. Nii on suures vereringes arteerid joonistatud punastena, veenid sinistena. Kopsu-vereringes (väikeses) aga on kopsuarteer (mille kaudu voolab venoosne veri) joonistatud sinise ja kopsuveenid (mille kaudu voolab arteriaalne veri) punase värviga.

Kogemused näitavad, et segadusest, mis sellega ühenduses tekib, on väga raske vabaneda, kui õpetaja algusest peale mainitud raskusele vajalikku tähelepanu ei pööra ja korduvate kinnistamistega õpilastele õigeid ja kindlaid kujutlusi ei loo.

Vere- ja lümfiringe skeem. Arvestades seda, et stabiilses õpikus ei ole vere- ja lümfiringe skeemi antud, tuleb jälgida, et õpilased selle hoolikalt ja õieti värviliste pliiatsitega oma vihikuisse joonistaksid. Skeemil peab märgitud olema verevoolu suund, samuti peavad tähtsamad arteerid ja veenid olema varustatud pealkirjadega.

Väga tähtis on siinsamas anda ka lümfiringe skeem (kollase värviga). Et sellest skeemist aru saada, peab looma konkreetse kujutluse lümfi liikumisest ja seosest lümfi- ning vereringe vahel.

Lümfiringe üldskeem. Vastandina vereringesüsteemile pole lümfiringesüsteem kinnine. Suurem osa lümfi (ja see moodustab ¼ kehakaalust) voolab koesisestes ruumides ning rakkudevahelistes piludes. See osa lümfist, mis oma teekonnal liigub südame suunas, koguneb järkjärgult ja suubub lümfikapillaaridesse ja -soontesse. Lümfisoonte teedel asetsevad sõlmekesed — lümfisõl-

.m e d. Niisugused lümfisõlmede grupid asetsevad näiteks kaelal, kaenlaaukudes, küünarnuki- ja põlvekõverdustes, kõhuõõnes (vt. eespool). Iga lümfisõlm kujutab endast lümfi „filtrit" [1].

Seos lümfi- ja vereringe vahel määratakse sellel tunnil järgmiselt kindlaks. Lümf tekib vere vedela osa väljumise teel läbi kapillaaride seinte koepiludesse ja -õõntesse (filtratsioon ja osmoos); sellele vedelikule lisanduvad siin mõned ained, mida valmistavad kudede rakud; lümfisooned, kuhu lümf koguneb, koonduvad ühte, moodustades lõppeks suure üldise r i n n a j u h a; viimane suubub ülemise tühiveeni süsteemi. Niiviisi pöördub vedelik, mis verekapillaarides verest väljub, uuesti tagasi verre, tuues temasse mõningaid toitaineid ja rida rakkude lagunemissaadusi.

4. Vereringe-elundite anatoomia ja füsioloogia.

Laboratoorne töö: süda ja sooned. Südame ehitusega tutvumine on võimalik ainult looduslike objektide vaatlemise ja lahkamise teel. Mudelid ja joonised, kuivõrd need on skematiseeritud, võivad olla üldiseks orienteerumiseks ja peavad töö ajal käepärast olema.

Oma eesmärgiks võime kasutada ükskõik missuguste suure või keskmise suurusega imetajate loomade (veise, vasika, lamba, sea) südameid. Et omada tööks südameid koos neist väljuvate ja neisse suubuvate arteeride ja veenidega, on soovitav südamed muretseda ühes hingamiselunditega. Sel juhul peab enne tööd südame niiviisi välja lõikama, et tema külge jääksid võimalikult pikemad soonetükid. On soovitav, et 3—4 õpilase kohta tuleks

[1] Lümfisõlmede funktsioonidest on juttu muidugi hiljem, vere- ja lümfiringe füsioloogia tundmaõppimisel.

üks süda. Töö toimub frontaalselt. Esiteks tuleb orienteeruda — leida südame eesmine ja tagumine külg. Kõige kergem ja hõlpsam viis seisab selles, et õpilased teevad esiteks kompides kindlaks, kus on südamelihas tihkem ja jämedam. See on vasak südamepool. Nüüd kästakse õpilastel süda kätte võtta ja oma rinna ees säärasesse asendisse seada, nagu ta on rindkereõõnes (õpetaja peab seda kontrollima).

Suur soon, mis südamest väljumisel pöördub vasakule, on aort. Mõlemaid tühiveene võib leida nende laiuse ja asendi järgi südame paremas pooles. Kui soonelõigud on lühikesed, võib aordi ja tühiveenide algust kompides leida — aordi (ja üldse arteeride) seinad on tihked ja elastsed, veenide seinad aga on õhemad ja lõdvemad. Arvestades viimast tunnust, on kerge kopsuarteeri ja kopsuveenide lõike leida [1].

Vaadeldes südame pinda, märkavad õpilased kergesti piirjoont südame kodade ja vatsakeste vahel. Kompimise teel veenduvad õpilased selles, et kodade lihas on õhem vatsakese lihastest. Võimalik, et mõnel südamel on säilinud osa südamepaunast, siis tuleb sellele tähelepanu juhtida [2].

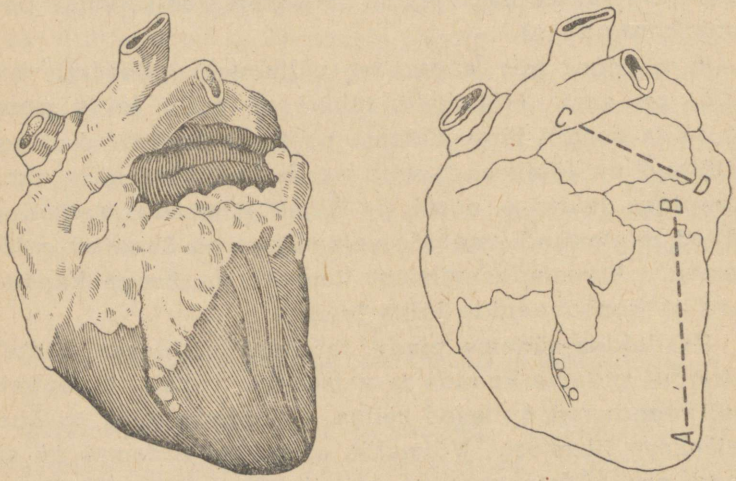
Südame lahkamine toimub skalpelli abil, nagu on näidatud joonisel 39. Õpilaste tähelepanu juhitakse sellele, et vasaku vatsakese lihas on paksem parema vatsakese omast. Esmalt avatakse südame vasak pool ja pärast selle vaatlemist ka parem pool.

Pistes aorti, kopsuarteeri ja südame mõlema poole veenidesse klaaspulgakese, võib näha, missuguse südameosaga iga soon on ühendatud.

[1] Õpilaste tähelepanu võib juhtida südame pärgsoontele, eriti pärgarteerile, mis algab aordi juure läheduses.

[2] Südame väljavõtmisel rindkereõõnest rebeneb perikard tavaliselt ära, sest tema alumine serv on diafragmaga kokku kasvanud.

Lahatud vatsakestes võib selgesti märgata hõlmklappe. Õpilaste tähelepanu suunatakse kõõluskeelikuile, millega klappide ääred lõpevad, jä vatsakeste sisepinna näsalihastele, millesse klappide keelikud on sisse kasvanud. Siis lastakse õpilastel klaastoru abil vatsakesest vastavasse kotta tungida.



Joon. 39. Südame asetus vasaku vatsakese ja vasaku koja avamiseks.

Pistes sõrme võimalikult sügavale aorti, leiavad õpilased kodades poolkuuklappide taskud. Taskuklappide tegevus selgub väga lihtsal viisil. Kui on olemas veevärgikraan, tuleb aordi vaba ots selle peale tõmmata, nööriga kinni siduda ja tugev veejuga sisse lasta — klapid paugahtavad kinni ja vesi ei tungi vatsakestesse. Seda tuleb teha demonstratsiooni korras.

Kui veevärki pole, võib sedasama, ainult vähem efektselt näidata, pistes aorti veega täidetud pudelist tuleva toru otsa.

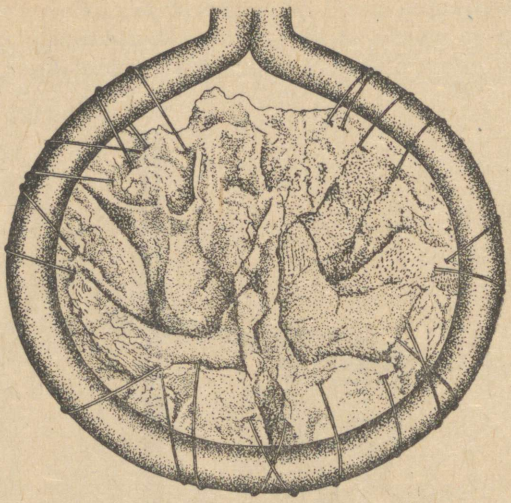
Klappide tegevuse mehhanismiga tutvumiseks võib kasutada Luciani leiutatud seadeldist. Selle konstruktsioon on lihtne (joon. 40). Hobuse, sea või lamba süda puhastatakse hoolikalt verehüüvetest. Aort, kopsuveenid ja -arteerid lõigatakse peaaegu alguse juurest ära ja nende avad suletakse korkidega. Siis lõigatakse kojad ülalt ettevaatlikult lahti. Süda riputatakse alt statiivile



Joon. 40. Seadeldis südameklappide tegevuse demonstreerimiseks.

kinnistatud rõnga külge. Pärast seda pingutatakse kodade seinad ümber rõnga ja õmmeldakse äärtest tema külge kinni (joon. 41). Kodade venitamisel peab toimima ettevaatlikult, et mitte vatsakeste alumikku purustada. Edasi täidetakse vatsakesed ja kojad veega. Siis tõusevad südame klapid ja jäävad poolavatud olekusse. Et vatsakeste süstooli puhul demonstreerida klappide sulgumist, surutakse kätega vatsakesed kokku. Vedeliku survel sulguvad klapid. Et veenduda, missuguse jõuga klapid sulguvad, peab sel silmapilgul sõrme avasse pistma.

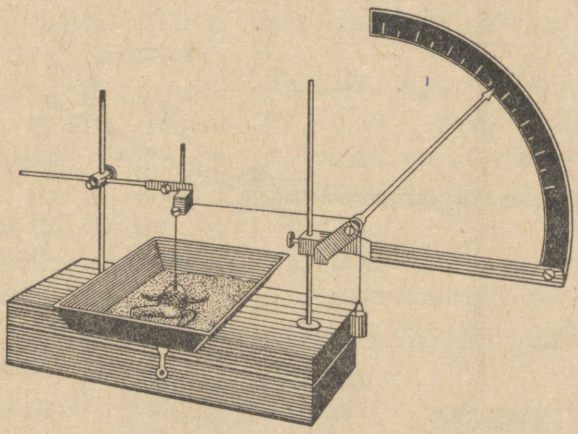
Töövahendid. Veise, sea või lamba süda. Bunsen'i statiiv rõngaga. Suured anatoomilised käärid. Nõel. Niit. Korgid.



Joon. 41. Statiivi rõnga külge õmmeldud süda (ülaltvaade).

Konna südame tegevuse demonstreerimine. Konn tehakse tavalisel viisil liikumatuks (lk. 139) ja asetatakse prepareerimisvanni või turvasplaadile. Siis tõstetakse pintsetiga kõhu alt nahk pisut altpoolt rinnaku mõõkjätket üles ja lõigatakse kääridega sellelt kohalt läbi. Lõige tehakse kuni alalõuani. Edasi võetakse pintsetiga kõhuseina lihasest veidi altpoolt rinnaku otsa kinni ja tõmmatakse see võimalikult ülespoole eemale. Lihaskest lõigatakse altpoolt pintsetti kääridega läbi. Moodustunud avasse pistetakse ühe kääriharu ots. Lihaskest lõigatakse ettevaatlikult keskjoonest mõlemale poole lahti. Lõigatakse läbi rangluud. Luu-lihasesagar tõstetakse pintsetiga üles ja, pistes ettevaatlikult käärid lapiti lihasetüki

alla, lahutatakse rinnak südamest. Siis lõigatakse lihasetükk otse konna pea juurest ära. Lihasetüki eemaldamisega paljastub tuksuv süda. Kui südamepaun jäi vigastamata, siis võetakse temast otse südametipu juurest pintsetiga kinni ja lõigatakse kääridega natuke sisse. Pärast seda võetakse südametipust endast väikese näpitsa — serfiiniga — kinni. Serfiini külge peab enne niidi siduma.



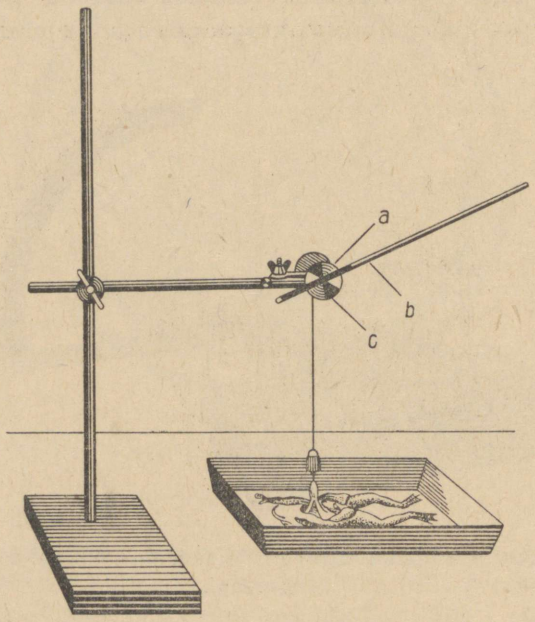
Joon. 42. Konna südame tegevuse demonstreerimine universaalsel lihaselaual.

Äärmisel juhul võib serfiini asendada konksuke, mis on painutatud peenest entomoloogilisest nööpnõelast. Selline konks pistetakse otse südametipust läbi, niit aga seotakse nõela pea külge.

Konna südame tegevuse demonstreerimine toimub väga näitlikult universaalsel lihaselaual (joon. 42).

Lihaselaua puudumisel valmistatakse kerge südamekang (joon. 43). See tehakse õlekõrrest, mis kinnistatakse nööpnõelaga liikuvalt korgi külge. Nõel on kangikese teljeks. Et nööpnõela hõõrdumist vastu õlekõrt vähendada,

põletatakse viimasesse tulise nõelaga auk. Lühikesele kangiõlale kinnistatakse koormus — vahapallike või Mendelejev'i kitist tombuke. Kangiõlad tuleb nii reguleerida, et pikk osa vajudes südant tugevasti ei pingutaks ja tõusmisel laseks südame vabalt alla vajuda.



Joon. 43. Konna südame tegevuse demonstreerimine südamekangi abil: *a* — kork; *b* — õlekõrs-kang; *c* — statiivi näpits.

Kork — kangi hoidja — kinnistatakse statiivi näpitsa külge. Vann konnaga pannakse kangi alla. Serfiinist tulev niit seotakse umbes 5 mm kaugusele kangi pöördeteljest. Et niit ära ei libiseks, põletatakse õlekõrresse tulise nõelaga väike vagu.

Niit peab serfiini suhtes vertikaalne olema. Kui niit on

nõrgalt pingul, tuleb statiivi näpitsat ühes kangiga pisut tõsta; on ta aga tugevasti pingul, tuleb näpitsat alla lasta. Võib juhtuda, et kangi pikk õlg on liiga kerge ja ei kaalu teist üles. Siis peab pikale õlale vahast või Mendelejev'i kitist väikese koormuse kinnistama.

Reguleerides niiviisi kangikest, peab alati taotlema seda, et ta oleks võimalikult tundlikum.

Konna südame juures teostatakse järgmisi vaatlusi:

a) pannakse tähele, missuguses järjestuses südame osad kokku tõmbuvad;

b) loendatakse, mitu lööki teeb süda 10 või 20 sekundi jooksul. Seepeale niisutatakse südant enne külma ja siis sooja veega; pärast iga niisutamist loendatakse südame löökide arv ja selgitatakse, millal südame töö aeglustub ja millal kiireneb;

c) südant niisutatakse kahe-kolme piiritusetilga või tubaka-ekstraktiga. Löökide arvu loendamise teel enne ja pärast südame mõjutamist tehakse kindlaks, kuidas mõjuvad südamele piiritus ja nikotiin.

Töövahendid. 1—2 konna. Universaalne lihaselaud või kang. Kangi kasutamisel on tarvis statiivi ja keskmise suurusega kääre. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. Prepareerimisnõelad. Pipett. Prepareerimisvann. Käterätik. Serfiinid. Niit. Nööpnõelad. Füsioloogiline lahus külmaverelistele.

Südame töö. Kokku võtnud ja fikseerinud tehtud laboratoorse töö põhjal südame ehituse peajooned, läheb õpetaja üle südame töö loengulisele kirjeldamisele.

Õpilased teavad muidugi, et vere liikumise põhjuseks vereringesüsteemis on südame r ü t m i l i s e d kokkutõmbed. Terve täiskasvanud inimese süda, kui inimene ei tee füüsilist tööd, sooritab umbes 70—72 kokkutõmmet minutis. Nii kestab iga säärane kokkutõmme vähem kui üks sekund (umbes 0,8 sekundit). Iga kokkutõmme koosneb kolmest taktist. Esimene takt — mõlema koja samaaegne

kokkutõmbumine; teine — vatsakeste samaaegne kokkutõmbumine; kolmas — südame puhkus — p a u s. Kodade kokkutõmbumise ajal on vatsakesed lõtvunud, vatsakeste kokkutõmbumise ajal lõtvuvad kojad ja pausi ajal on kogu süda lõtvunud olekus. Südame ühe kokkutõmbe taktid võib klassitahvlil anda järgmiselt:

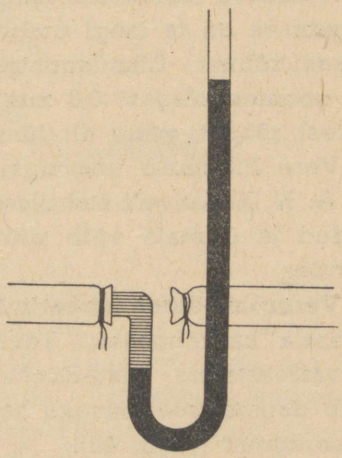
	Kojad	Vatsakesed
1. takt 0,1 sekundit	Kokkutõmme	Lõdve
2. „ 0,3 „	Lõdve	Kokkutõmme
3. „ 0,4 „ (paus)	Lõdve	Lõdve

Südameklappide tegevus. Verevoolu suuna muutumatus vereringesüsteemis sõltub südameklappide süsteemi tegevusest. Käsitelles südameklappide tegevust tuleb õpetajal algusest peale arvestada, et õpilastel on sellest juba teatavad kujutlused olemas ja et kõige sagedamini need kujutlused on väärad. „Kui toimub vatsakeste kokkutõmme, paugahtavad hõlmklapid kinni..." „Poolkuuklapid paugahtavad kinni ja veri ei pääse tagasi südamesse." Nagu näitavad koolikogemused ja spetsiaalsed uurimised, peitub neis väljendeis sageli kujutlus, nagu oleksid südameklapid aktiivselt tegutsevad elundid, mis funktsioneerivad lihaste moodi. Seda silmas pidades tuleb klapiaparatuuri tegevuse õigele käsitlemisele erilist rõhku panna. Tuleb selgitada, et vatsakeste süstooli puhul t u n g i b veri suure (üle 200 mm Hg, s. o. üle ¼-atmosfäärise) rõhuga kodade poole, mis sel ajal on diastooliseisundis, ja et see verevool paugahtabki suure jõuga klappide hõlmad kinni; et klapid, vaatamata suurele rõhule, ei saa pöörduda pahurpidi, sest seda takistab nende kõõluskeelikute pingus. Võib samuti tähelepanu juhtida sellele, olgugi et see pole tingimata tarvilik, et

vatsakeste süstooli puhul näsalihased, millesse kõõluskeelikud on sisse kasvanud, tõmbuvad veidi kokku ja suurendavad sellega kõõluskeelikute pingust.

Samasugusel viisil seletub ka poolkuu- ehk taskuklappide tegevus. Vatsakeste süstooli puhul surutakse veri suure rõhu all aordi (ja kopsuarteeri) algusse; aordi (vastavalt kopsuarteeri) algusosa elastsed seinad venivad ja siin tekib väike pundumus. Püüdes kokku tõmbuda, suruvad aordi seinad suure jõuga (rõhk on siin üle 150 mm Hg) selle verekoguse välja, mis loomulikult s ö ö s t a b sel ajal diastooliseisundis oleva vatsakese poole; veri surutakse klappide taskukestesse ja viimased lähevad laiali; nad pressitakse suure jõuga teineteise vastu, mistõttu nad sulevad tihedasti pääsu vatsakesse. Tänu sellele ei pääse ühtki tilka verd vatsakesse ja verevool suundub aorti.

Vererõhk ja vere liikumine. Verevoolu tekkimisest rõhu vahe tulemusena arteerides ja veenides ei saa õpilased kergesti jagu. Neile on juba öeldud, et vatsakese süstooli ajal võrdub temas rõhk 200 mm Hg ja aordis ulatub rõhk 150 mm Hg. Kuidas aga konkretiseerida vererõhu mõistet vereringesüsteemi eri osades?



Joon. 44. Manomeetri abil vererõhu mõõtmise skeem.

Õpilasi tuleb tutvustada sellega, et rõhu mõõtmiseks veresoontes kasutatakse tavalist lahtist elavhõbemanomeetrit; manomeetri U-toru üks haru seotakse looma läbilõigatud veresoone keskpool-

sesse otsa ja elavhõbeda kõrguse vahe järgi manomeetri mõlemas harus otsustatakse samba millimeetreis vererõhu üle (joon. 44). Kirjeldamisel on soovitav see skeem tahvlile joonistada.

Näitliku kujutluse rõhu erinevusest arteriaalse ja venoosse süsteemi eri osades võib anda, jutustades sellest, et looma unearteeri läbilõikamisel veri purskab joana kõrgele; et südamest kaugemal asetseva arteeri läbilõikamisel pole verejuga mitte enam nii kõrge ja et mida kaugemal on arteeri läbilõige südamest, seda nõrgem on verejuga; läbilõigatud kapillaaridest voolab veri nõrga nirena ja läbilõigatud veenidest, isegi suurtest, voolab veri aeglaselt, s. o. rõhk langeb vereringe teel eemaldumisega südamest ja muutub kõige nõrgemaks veenides, mis asetsevad südamele kõige lähemal.

Alumises tühiveenis langeb rõhk nullini, ja selle juure läheduses on ta isegi umbes 3 mm madalamal atmosfäärilisest rõhust. Lümfisoontes on rõhk väga väike (väikestes soontes kõigest 0,8 mm Hg) ja on tingitud peamiselt sellest rõhust, mille all lümf eritub verekapillaaridest.

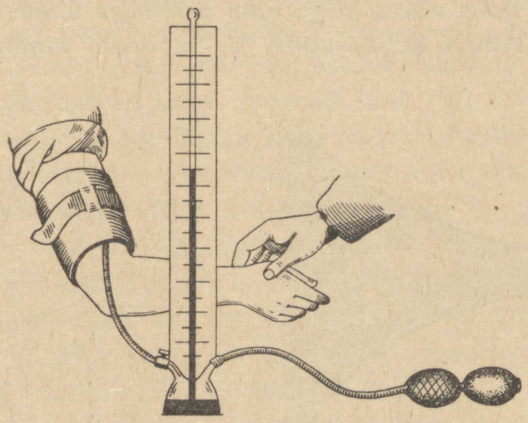
Vere liikumise tingimusi venoosses ja lümfisüsteemis on A. N. Kabanov'i stabiilses õpikus küllalt selgesti käsiteldud ja õpetaja võib piirduda seletusega õpiku teksti piirides.

Vererõhu demonstreerimine. Vererõhku võib kindlaks määrata ka inimesel. Tavaliselt määratakse vererõhku õlavarrearteeris Riva-Rocci aparaadi abil, mida õpetaja võib demonstreerimiseks hankida igast haiglast või laboratooriumist (joon. 45).

Aparaat koosneb laiast kummimansetist, manomeetrist ja kummiballoonist (surupumbast). Elavhõbemanomeeter on kummitorude abil manseti ja ballooniga ühendatud. Kummiballooni kokkupigistamisel surutakse õhk mansetisse ja see paisutab teda. Manset on väljastpoolt kaetud tiheda purjeriidega, mis tal ei lase tugevasti venida. Õhu surumisel mansetisse tõuseb temas rõhk ja ühes

sellega ka elavhõbe mansetiga ühendatud manomeetris. Elavhõbedasamba kõrguse järgi manomeetris otsustataksegi rõhu suuruse üle mansetis.

Vererõhu mõõtmiseks kinnistatakse aparaadi manset erilise pandla abil uurimisel oleva isiku vasaku õlavarre külge. Siis otsitakse vasaku käe sõrmedega radiaalarteeri pulss üles. Avatakse kraan ja kummiballooni pigistades surutakse õhk mansetisse. Õhu surve all pai-



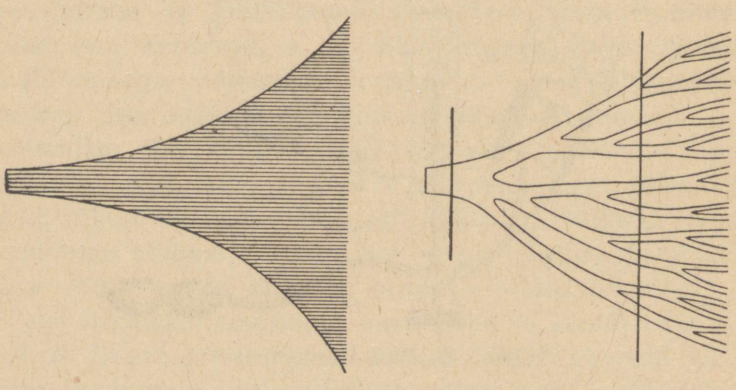
Joon. 45. Riva-Rocci aparaat.

sub manset ja hakkab õlavarrearteerile suruma. Radiaalarteer on õlavarrearteeri otsene jätk. Sel momendil, kui õlavarrearteer manseti rõhumisel täielikult kinni pigistatakse, katkeb pulss radiaalarteeris. Pulsilöögid katkevad, kui rõhk mansetis võrdub vererõhuga õlavarrearteeris. Õhurõhu suurust mansetis näitab elavhõbemanomeeter. Niiviisi määratakse rõhku arteeris. Pulsi kadumise momenti on küllalt raske täpselt kindlaks määrata. Seepärast toimitakse aparaadi kasutamisel tegelikult nii: saavutanud pulsi katkemise, vähendatakse pisut rõhku, lastes osa õhku kraani kaudu välja. Jälgitakse manomeetrit

ja peetakse silmas rõhu suurust sel momendil, mil uuesti ilmub esimene pulsilöök. See ongi otsitav rõhk.

Töövahend. Riva-Rocci aparaat.

Verevoolu kiirus. Verevoolu kiiruse küsimus vereringesüsteemi eri osades tekitab õpilastele tavaliselt raskusi ja seepärast peab õpetaja sellel hoolega peatuma. Nagu õpilastele juba teada, liigub veri vereringesüsteemi soontes tänu rõhu erinevusele, mille tekitab südamelihas. Kui veresängi laius oleks kogu oma pikkuses ühesugune, siis kujuneks kõigis kehaosades teatav enam-vähem ühtlane



Joon. 46. Skeem verevoolu kiiruse selgitamiseks.

verevoolu kiirus. Aga veresängi laius pole ühesugune — ta on kõige väiksem aordi (ja vastavalt kopsuarteeri) juure ümbruses; arteeri harunedes suureneb veresängi üldine laius, olles kõige suurem kapillaaride võrgus: kapillaaride valendike summa on ligikaudu 1000 korda suurem aordi valendikust. Kapillaaride võrgu koondudes ikka suuremaiks ja suuremaiks veenideks väheneb veresängi üldine laius aegamööda, kuid jääb ikkagi kogu aja suuremaks arteriaalse süsteemi vastava piirkonna laiusest.

Asi seisab selles, et iga arteeri kohta tuleb kaks samasuguse laiusega veeni; isegi venoosse tee lõpul näeme kaht tühiveeni, ja kummagi valendik võrdub umbes aordi valendikuga. Samasugune nähtus ilmneb ka väikeses vereringes. Õpetaja joonistab tahvlile järgmise skeemi (joon. 46) või laseb stabiilsest õpikust üles otsida joonise 21, lk. 48, ja selgitab sellel äsjatoodud fakte.

Nüüd esitab õpetaja küsimuse: „Kus on vool jões kiirem — laias või kitsas kohas?" Tavaliselt saadakse õige vastus: „Kitsas kohas on vool kiirem, laias ta aeglustub." Kuid seda fakti ei oska õpilased harilikult seletada. Seda saab aga teha väga lihtsa näite varal. Arutluste käik on lühidalt järgmine. Voolaku mingil kohal läbi jõesängi profiili sekundis 100 m vett. Kui jõesängi profiil allpool kitseneb, siis peab siingi sekundi jooksul samuti 100 m vett läbi voolama, muidu voolaks vesi ülalpool kitsenenud jõesängi osa alatasa üle kallaste ja ujutaks need üle[1]. On selge, et üleujutamine ei toimu sellepärast, et mainitud veehulk voolab läbi kitsenenud koha suurenenud kiirusega — vool on kitsas kohas kiirem. Vastupidist näeme jõesängi laienemisel: sealt voolab jällegi sekundi jooksul läbi sama veehulk ja järelikult vähema kiirusega — vool on siin aeglasem. Joonistanud klassitahvlile jõevoolu skeemi, on väga kerge selgitada vahekorda, mis sarnaneb vereringesüsteemi omaga.

Nüüd selgub õpilastele põhjus, miks verevoolu kiirus kapillaarides (teatava verehulga edasiliikumise kiirus) on umbes 1000 korda väiksem (kuna ülemises ning alumises tühiveenis on see umbes kaks korda väiksem kui aordis).

---

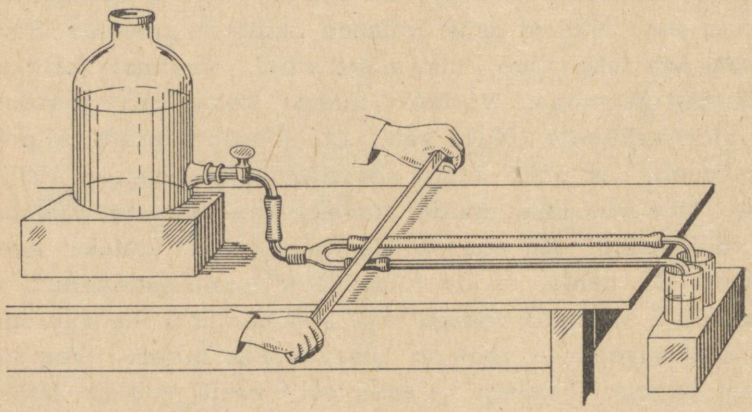
[1] Mis võibki ajutiselt juhtuda, näiteks ummistuste puhul, aga teatava aja pärast kujuneb jälle tasakaal.

Seda võib illustreerida järgmiste arvudega (mitte meelespidamiseks):

Verevoolu kiirus aordis	umb.	500	mm/sek.	(vatsakese süstooli ajal)
„ „ kapillaarides	„	0,5	„	
„ „ alumises tühiveenis	„	250	„	(koja diastooli ajal)

Täis-vereringe aeg on 23 sekundit ehk 27 südamekoonet.

On vaja juhtida õpilaste tähelepanu sellele, et kapillaarides toimub lümfi üleminek verest kudede piludesse



Joon. 47. Aparaat veresoonte elastsuse tähtsuse selgitamiseks.

ja õõntesse; sellele, et veri aeglaselt läbi kapillaaride voolates lümfi kaudu kudede rakkudele hapnikku ja toitaineid annab; et lümf kudede rakkudelt süsihappegaasi ja teisi lagunemis- ning hapendumissaadusi saab ja neid kapillaaride verele edasi annab.

Verevoolu pidevust illustreeriv demonstratsioon. Hoolimata sellest, et veri heidetakse südamest välja tõugetena, üksikute portsjonite kaupa, voolab ta soontes katkematu joana. Niisugust nähtust põhjustab veresoonte seinte elastsus. Seda nähtust võib demonstreerida joonisel 47 kujutatud aparaadi abil.

Aparaadi koostamiseks on vaja: 1) kuni 3-liitrise mahuga klaaspudelit, tuubusega põhja juures; 2) kraani (mida võib asendada Mohr'i või Hofmann'i näpitsaga); 3) klaasist kolmiktoru ja kaht väikest klaasist nurktoru; 4) üht 50 cm pikkust, kaht 15 cm pikkust kummitoru ja üht väikest kummitoru lõiku; 5) 40 cm pikkust klaastoru lõiku kumera otsaga; 6) katkestajat (tavaline joonlaud); 7) kaht nõu vedeliku vastuvõtmiseks; 8) korki.

Klaaspudel paigutatakse kõrgemale kohale. Pudeli tuubus suletakse korgiga, millesse on pistetud klaas- või eboniitkraan. Kraan ühendatakse kahe kummitorulõigu ja nurktoru abil kolmiktoruga. Kolmiktoru ühte vabasse otsa pannakse 50 cm pikkune kummitoru lõik, mis lõpeb klaasist nurktoruga. Kolmiktoru teise vabasse otsa pannakse 15 cm pikkune kummitoru lõik. See ühendatakse 40 cm pikkuse klaastoruga, mille teine ots on 90°-se nurga all kõverdatud. Kogu seadeldis paigutatakse lauale. Torude lõppotste alla asetatakse kaks nõu. Neisse voolab vesi.

Kui kraani pole, ühendatakse kolmiktoru otsekohe pudeli tuubusega. Et enne katset vedeliku väljavoolamist pudelist vältida, suletakse kummitorud Mohr'i või Hofmann'i näpitsatega. Need eemaldatakse enne katse korraldamist.

Kraani avamisel tungib vesi pudelist torudesse ja voolab niredena nõudesse. Kui kummitorud kolmiktoru ligidal iga sekundi järel joonlauaga kokku suruda, siis voolab vedelik klaastorust välja vaheaegadega, aga kummitorust pideva nirena.

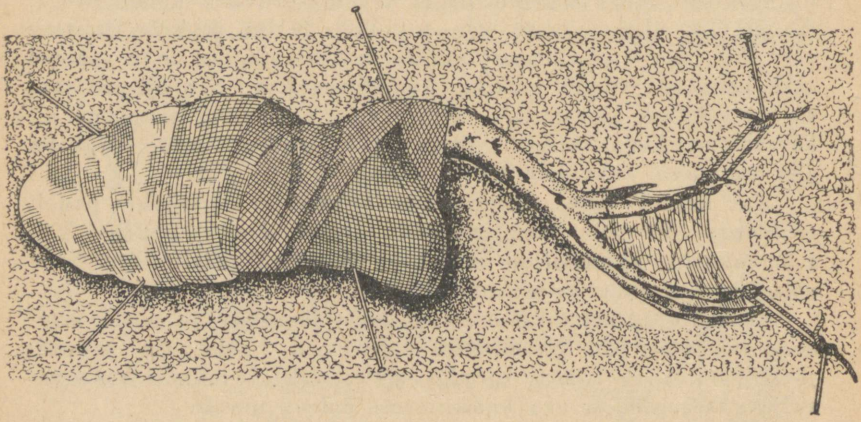
Kapillaarse vereringe demonstreerimine. Kõige kättesaadavamaks objektiks vere liikumise demonstreerimiseks kapillaarides on konn[1]. Kõige parem on seda pilti demonstreerida konna tagajala ujunahal. Selleks on soovitav välja valida võimalikult vähem pigmenteerunud nahaga (heledat värvi) konn.

Et konna liikumatuks teha, on kõige parem mähkida ta kitsasse marlisidemesse, jättes vabaks ainult ühe jala (joon. 48). Kinnimähitud konn pannakse väikese ümmarguse auguga korkplaadile või vineertahvlile. Konn asetatakse nii, et jalg jääks augu

[1] Väga efektset pilti kapillaarsest vereringest võib täheldada konnakullese, triitoni ja valge aksolotli sabas. Samuti võib kapillaarset vereringet jälgida väikeste akvaariumikalade või kalamaimude sabas või uimes.

kohale. Siis pinguldatakse selle augu kohale üks ujunahkadest, kinnistades kaks vastavat varvast plaadile väljapoole kallutatud nööpnõeltega (et mikroskoobi objektiiv vabalt nende vahele mahuks). Plaat konnaga pannakse mikroskoobilauale nii, et pinguldatud ujunahk auguga asetseks objektiivi all.

Kapillaarse vereringe pilt on kõige selgemini näha 100—120-kordsel suurendusel, aga võib kasutada ka väiksemat suurendust (kuid mitte väiksemat kui 60-kordset).

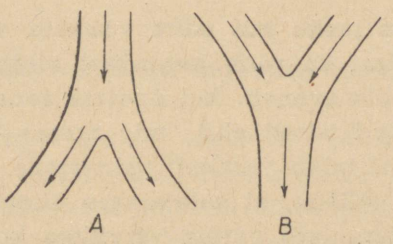


Joon. 48. Konna kinnistamine plaadile vereringe vaatlemiseks jalas.

Mikroskoobi vaatepiiril avaneb ilus mitmesuguste mõõtmetega veresoonte võrk; veri voolab selles pidevalt eri suundades. Jämedamais soontes on veri tumedama varjundiga ja voolab ühtlaselt — need on veenid. Teistes, peenemates kapillaarides, milledes võib märgata pulseerimist, on veri pisut heledam — need on arteriaalsed kapillaarid. Peenimais kapillaarides on valendikud niivõrd väikesed, et punalibled suruvad end neist vaevalt ükshaaval läbi. Õpilaste tähelepanu tuleb juhtida peenimaile kapillaaridele ja sellele, et erütrotsüüdid neist vere-

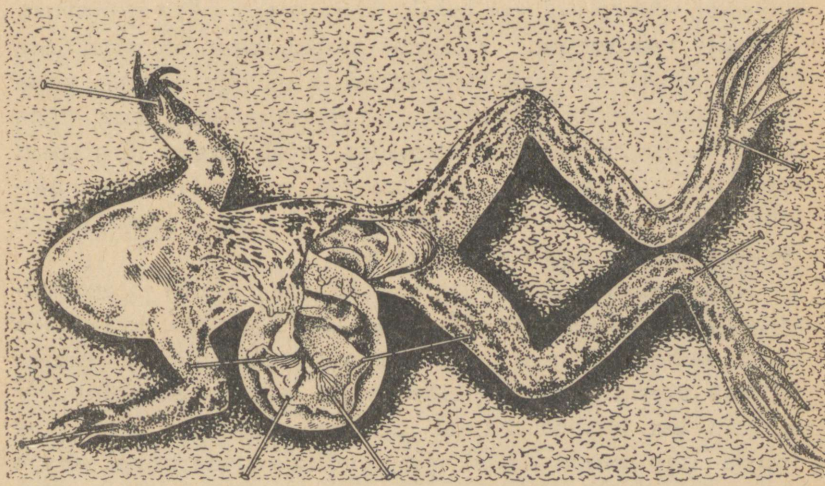
vooluga läbi tungides muudavad isegi oma kuju — nad venivad välja.

Tähtsaim tunnus, mille järgi arteriaalseid kapillaare võib



Joon. 49. Verevoolu suund arteerides ja veenides (skeem): *A* — arteerid; *B* — veenid.

eristada venoosseist (ja see peab loomulikult õpilastele arusaadav olema), seisab selles, et veri liigub venoosseis kapillaarides **vastu harunemist**, et ta suure-



Joon. 50. Keskmete kinnistamine vereringe vaatlemiseks.

maisse kapillaaridesse kokku voolab; arteriaalseis kapillaarides aga voolab veri harunemise suunas, ta voolab väiksemaid kapillaare mööda laiali (joon. 49).

Õpilastel on raske kui mitte võimatu aru saada imelisest, aga ühtlasi ka väga keerukast pildist, mis nende ees mikroskoobis avaneb, kui õpetaja seda enne klassile ei ole selgitanud tabeli abil, mis skemaatiliselt kujutab seda pilti. Tabel tuleb varakult valmistada. Äärmisel juhul võib piirduda sellega, et seletatakse ettevalmistavat joonist, mis kriidiga (või parem värviliste kriitidega) tahvlile on joonistatud.

Efektsema ja selgema pildi võib saada, vaadeldes keskmete kapillaarvõrku. Selleks tuleb konn liikumatuks teha, süstides 2—3 tundi enne demonstratsiooni 2—3 tilka 1%-list kuraaret (noolemürki) selja nahaalusesse lümfiõõnde. Kuraare puudumisel võib konnal ka vahetult enne demonstratsiooni pea eemaldada ja seljaaju purustada. Nagu on näidatud joonisel 50, avatakse nüüd kõhuõõs veidi, tõmmatakse soolesilmus välja ja, pinguldanud keskmed kork- või vineerplaadi ava kohale, kinnistatakse sellele soolesilmus.

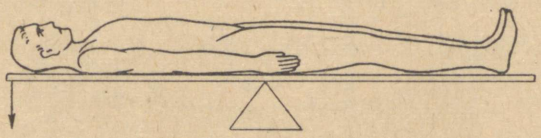
Pulsi vaatlemine. Küsimus pulsilainest on stabiilses õpikus küllalt selgesti kirjeldatud ja ei vaja õpetaja seletuse puhul erilisi täiendusi. Illustreerimiseks, aga mitte kohustuslikuks meelespidamiseks, võib lisada järgmised arvulised andmed. Sel ajal kui verevoolu kiirus näiteks unearteeris ei ületa 200 mm/sek., on pulsilaine levimise kiirus arteerides 9 m/sek.

Nüüd tuleb õpilastel lasta endil une-, oimu- ja radiaalarteeris pulssi katsuda. Ühel õpilasel kästakse, kasutades kella sekundinäitajat või sekundimõõtjat, enda juures istuvas asendis pulsilöökide (s. o. südamekoonete) arv minutis ära lugeda. Samal õpilasel kästakse siis üles tõusta, ühe minuti kestel mingit võimlemisharjutust teha ja kohe pärast seda pulsilöökide arv minutis kindlaks määrata. See arv osutub nüüd suuremaks. Siit on täiesti selge,

et töö puhul südametegevus kiireneb, et südametegevus kohaneb igal antud silmapilgul organismi tarvetega. Selle järeldusega tähistab õpetaja üleminekut järgmisele alateemale „Vereringe-elundite tegevuse regulatsioon".

5. Vereringe-elundite tegevuse regulatsioon.

Pulsi jälgimisel tegime kindlaks, et südamekoonete sagedus sõltub sellest, kas keha puhkab või teeb tööd. Töö puhul sagenevad ja tugevnevad südamekoonded, ülieminekul puhkeseisundisse nad aeglustuvad ja nõrgene-



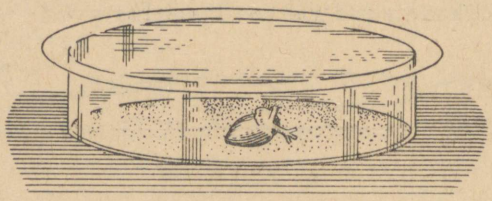
Joon. 51. Mosso kaalud (skeem).

vad. Aga muutused vereringesüsteemis töö ja puhkuse puhul ei piirdu ainult südamega — igas elundis suureneb tema töö ajal verevarustus. Selle nähtuse illustreerimiseks jutustab õpetaja katsetest Mosso kaaludel, näidates vastavat tabelit või tehes skeemilise joonise klassitahvlile (joon. 51). Need andmed on oma näitlikkuselt ja lihtsuselt õpilastele väga veenvad.

Nüüd tekib loomulikult küsimus: mil viisil teostub südametegevuse kohanemine organismi seisundiga igal antud silmapilgul, mil viisil teostub vere juurdevool töötavasse elundisse ning selle äravool töö ja puhkuse ajal? Füsioloogia kursuses seatakse siin esmakordselt üles konkreetne küsimus organismis kulgevate funktsioonide ja keha elundite omavahelise seose neuraalse regulatsiooni kohta. Nende küsimuste selge esitamine algu-

sest peale on väga tähtis. On vaja, et nende küsimuste olemus oleks igale õpilasele selge, vastasel korral jäävad neuraalse regulatsiooni protsessid ka edaspidi arusaamatuks ja närvisüsteemi tegevus samastatakse antropomorfiliselt „elundite valitsemisega".

Konna isoleeritud südame demonstreerimine. Nüüd võib siirduda katsete juurde, mis demonstreerivad südamelihase automaatsust. Kõige kohasemaks ja kättesaadavamaks demonstreerimisobjektiks on konna süda. Avanud tavalisel viisil konna kehaõõne, tuleb süda sealt lahti



Joon. 52. Konna isoleeritud süda Petri kausis.

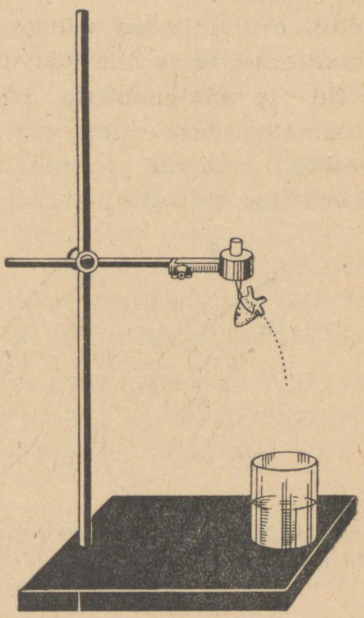
lõigata ja välja võtta. Selleks lõigatakse väikeste kääridega südamest väljuvad sooned läbi ja tõstetakse süda ettevaatlikult pintseti abil välja. Isoleeritud süda paigutatakse klaasi või väikesesse Petri kaussi füsioloogilise lahusega (0,65%) hästi niisutatud filterpaberile ja kaetakse uuriklaasiga (joon. 52). Niisugustes tingimustes tõmbub konna süda veel mitmete tundide kestel rütmiliselt kokku. On soovitav klassis 3—4 niisugust preparaati ringi käia lasta.

Konna isoleeritud südame tööd võib veelgi näitlikumalt demonstreerida. Südant välja lõigates peab sellele veeniurke osad ja arteeri tüve külge jätma. Veeniurkesse seotakse väike kanüül lehtriga. Lehter kinnistatakse statiivi külge ja temasse kallatakse füsioloogilist lahust. Vatsakese süstooli ajal purskab arteeritüvest joana füsioloogilist lahust (joon. 53). Kallates lehtrisse füsioloogilist lahust, võib südant tundide viisi töötama panna.

Demonstreerimise ajal jutustab õpetaja, et pannes äsjasurnud imetaja looma või inimese südame sobivaisse tingimustesse, võib saavutada seda, et süda mõne aja rütmiliselt kokku tõmbub. Selleks peab läbi südame veresoonte laskma 30°-ni soojendatud, hapnikust küllastunud füsioloogilist toitelahust, mis sisaldab 0,12% glükoosi [1].

On soovitav näidata tabelil või skemaatilise joonise abil klassitahvlil sellise katse seadeldist.

Töövahendid. 3—4 konna. Käärid. Skalpell. Pintsett. Prepareerimisnõel. Prepareerimisvann. Käterätik. Petri kauss. Uuriklaas. Kanüül lehtriga. Füsioloogiline lahus külmaverelistele. Filterpaber.



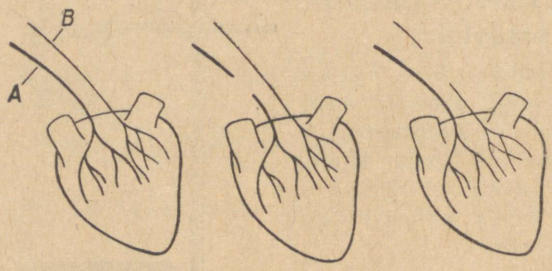
Joon. 53. Konna isoleeritud süda kanüüli otsas.

Südame autonoomsed närvitängud. Isoleeritud, s. o. kesknärvisüsteemiga ühenduse kaotanud südame võime rütmiliselt kokku tõmbuda seletub südamelihase teatavais osades leiduvate autonoomsete närvitänkudega. (Võib tähelepanu juhtida sellele, et närvikoe kogumikud asetsevad tühiveenide suubumiskohtade juures, parema koja ja vatsakese vahel oleva vaheseina lähedal ja vatsakeste vaheseinas.) Need kogumikud on üksteisega seoses.

[1] Ringer Locke'i lahus sisaldab veel 0,24% $CaCl_2$, 0,42% KCl ja 0,15% $NaHCO_3$.

Inimese südame elustamise katsed äratavad õpilastes tavaliselt suurt huvi ja põhjustavad küsimusi. Õpetaja peab selle huvi täiel määral ära kasutama ja peatuma edasielavate isoleeritud kudede ning elundite katseil (vt. ajakiri „Биология и химия", 1936), rõhutades nende näidete puhul eriti inimese vahelesegamist elava looduse protsessidesse, tema üha kasvavat ülevõimu looduse suhtes.

Uit- ja sümpaatiliste närvide südameharude toime. Südametegevuse rütmi aeglustumist ja kiirenemist reguleerivad südame juurde tulevad, kesknärvisüsteemiga ühenduses olevad uit- ja sümpaatiliste närvide harud. Uit-



Joon. 54. Skeem uit- ja sümpaatiliste närvide südameharude osatähtsuse selgitamiseks südametegevuse reguleerimisel: *A* — uitnärv; *B* — sümpaatiline närv.

ja sümpaatiliste närvide üldist kulgu tuleb näidata tabelil (vt. vegetatiivse närvisüsteemi ehituse tabel, joon. 87). Katsete sooritamine uit- ja sümpaatiliste närvide läbilõikamise ja ärritamisega ei ole keskkoolis otstarbekohane; see on liiga keerukas, mahukas ja nõuab mitmeid koolile kättesaamatuid seadeldisi. Seepärast tuleb õpetajal piirduda neist katsetest jutustamisega. Et uitnärvide kaudu tulevad erutused südame tegevust aeglustavad ja nõrgendavad, on näha sellest, et pärast nende närvide (või ainult ühe neist) läbilõikamist süstoolid sagenevad ja tugevne-

vad; sellisel juhul jääb süda ainult nende erutuste mõju alla, mis temasse tulevad sümpaatiliste närvide südameharude (kiirendajate ja tugevdajate) kaudu; vastupidi, pärast sümpaatiliste närvide läbilõikamist aeglustub ja nõrgeneb südame tegevus, sest järele on jäänud ainult uitnärvide kaudu kulgevate erutuste toime. Suurema selguse pärast on soovitav klassitahvlile joonistada värviliste kriitidega skeem (joon. 54) ja teha närvide „läbilõige", pühkides ühe või teise närvi osad maha.

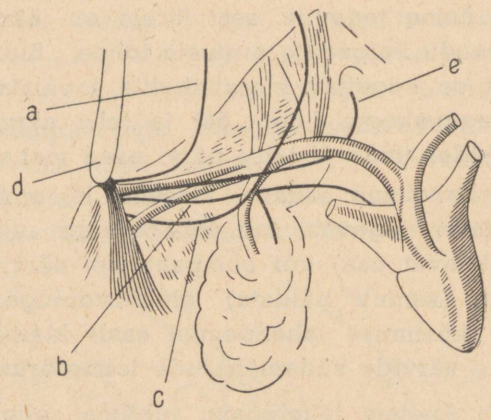
On otstarbekohane esitada klassile küsimus, kuidas muutub südame tegevus, kui läbilõigatud uit- (skeemil näidata ärritatavat osa) või sümpaatilise närvi südamepoolset otsa (samuti näidata) elektrivooluga ärritada. Pärast selle küsimuse lahendamist saab klassile uit- ja sümpaatiliste närvide südameharude toime arusaadavaks.

Siin peab õpetaja tähelepanu juhtima sellele, et ka edasises kursuses esineb rida näiteid elundite innervatsioonist vastupidiselt (antagonistlikult) toimivate närvidega.

Katse: uitnärvi mõju konna südamele. Õpperingis või kui õpetajal on võimalik selleks osa klassitööst pühendada, siis ka klassis võib konna juures näidata, et uitnärvi ärritamisel südame tuksumine kas aeglustub või üldse katkeb.

Uitnärvi lahtipreparеerimine toimub järgmiselt. Nihutanud suure lahatud konna läbilõigatud rinnaku ääred hästi laiali, preparеeritakse tõmbi nõelaga arteriaalsest sibulikust väljuv parem või vasak aordikaar. See kaar jaguneb mitte kaugel väljumiskohast kolmeks haruks (joon. 55). Alumisest harust (mis viib verd hingamiselundeile — nahale ja kopsudele) väljub kopsuarteer, mis ristub uitnärvi südameharuga. Seepärast peab selle arteeriharu esiteks kinni siduma. Ta preparеeritakse tõmbi nõelaga lahti ja seotakse kahest kohast peene niidiga kinni; kahe sidumiskoha vahelt lõigatakse arteer läbi. Kinniseotud koha alt leitakse uitnärvi valge niit. Kui selle alla paigutada Rumkorf'i pooli elektroodid lülitiga ja ärritada induktsioonvooluga, siis jääb süda diastooliseisundisse.

Töövahendid. 1—2 konna. Füsioloogiline induktsioonpool. Elektroodid. Lüliti. Element. Käärid. Pintsett. Skalpell. 1—2 prepareerimisnõela. Prepareerimisvann. Pipett. Niit. Käterätik. Füsioloogiline lahus külmaverelistele.

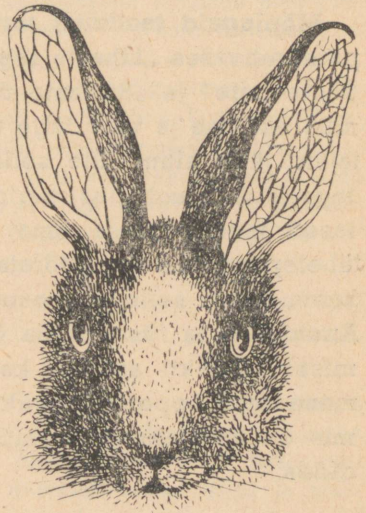


Joon. 55. Konna uitnärvi asetus: *a* — keele-neelu närv; *b* — uitnärv; *c* — keelealune närv; *d* — osa alalõuast; *e* — neelunärv.

Soonte ahenemise ja laienemise reguleerimine. Veresoonte ahenemise ja laienemise reguleerimisel peatub õpetaja väga lühidalt. Meenutades katseid Mosso kaaludega, tuleb seletada, et töötavate elundite täitumine verega suureneb tänu nende elundite veresoonte valendike suurenemisele. Kuidas toimub aga niisugune soonte laienemine? Nagu teada, leiduvad veresoonte seintes sõõrjad lihastekimbud. Kui need lihasesõõrid kokku tõmbuvad, aheneb soone valendik. Vastupidi, kui sooneseina sõõrlihaste kokkutõmbumine nõrgeneb, laiendab vererõhk soont. Kuidas toimub soonte lihaste töö? Nende juurde tulevad sooneahendajate ja soonelaiendajate närvide harukesed. Sooneliigutajad närvid, mis lähevad

kere ja jäsemete veresoonte juurde, kuuluvad seljaajunärvide koosseisu (näidata tabelil „Närvisüsteemi ehitus"). Kui keha mingi elundi sooneahendajaid närve erutada, tõmbuvad vastavate kapillaaride seinte lihased kokku ja kapillaarid ahenevad; vastupidine nähtus ilmneb soonelaiendajate närvide erutamisel.

Kui õpetajal teema „Rakk ja koed" läbivõtmisel klassis õnnestus enam-vähem arusaadavalt käsitella küsimust reflektoorse reaktsiooni mehhanismist, võib ta nüüd rea näidete varal illustreerida elundite verega täitumise regulatsiooni reflektoorset iseloomu ja selgitada näiteid, mis on toodud stabiilses õpikus.



Joon. 56. Küüliku kõrva kapillaaride laienemine kaela sümpaatilise närvi läbilõikamisel.

Nii võib näiteks naha punaseks minemist soojendamisel (saunas, sooja ilmaga) lühidalt seletada järgmisel viisil. Temperatuuri tõus ärritab naha sensiibleid närvilõpmeid; nende ärritused antakse sensiiblite närvide kaudu edasi kesknärvisüsteemile, kust ärritused kanduvad motoorsetele närvidele — soonelaiendajaile. Seesugusel viisil võib elementaarselt seletada ka teisi raamatus antud või õpilaste toodud näiteid.

Väga kujuka näite sellest, kuidas närvid reguleerivad elundite täitumist verega, võib anda, kui õpetajal jätkub aega, jutustades Claude Bernard'i klassikalisest katsest, mis sooritatakse küüliku kaela sümpaatilise närvi ühepoolse

läbilõikamise ja selle närvi perifeerse lõpme järgneva ärritamise teel (vt. ükskõik missugusest kõrgemaile õppeasutistele määratud füsioloogia õpikust). Illustreerides oma jutustust tabeli või joonisega, mis kujutab küüliku kõrva kapillaaride laienemist närvi läbilõikamise puhul, võib eelnevaid seletusi tunduval määral konkretiseerida (joon. 56).

Mõningaid teadmisi tervishoiu alalt. Stabiilse õpiku paragrahvides „Lihaste tegevuse mõju südame vereringesüsteemile" ja „Südame üleväsitus" on antud rida teadmisi südame ja vereringe tervishoiu küsimuste alalt. Õpetajale jääb ainult üle seda materjali kujukate näidetega tegelikust elust illustreerida. Neid näiteid pakuvad õpilased tavaliselt ise oma isiklikest kogemustest. Erilist tähelepanu tuleb pöörata südametegevuse omapärale kasvueas ja sellega seoses olevatele tervishoiureeglitele. Anatoomia ja füsioloogia õpetaja peab selle osa läbivõtmisel kontakti astuma kehakasvatuse õpetajaga, et viimane oma õppetöös praktiliselt illustreeriks seisukohti, mis on kindlaks määratud anatoomia ja füsioloogia tundides.

Õpperingide töö teema puhul „Veri ja vereringe".

Erilist tähtsust õpperingide töös omab tutvumine võrdleva füsioloogia mõnede elementaarsete küsimustega. Kõige kohasemaks ja kättesaadavamaks objektiks mõningate võrdlevfüsioloogilise iseloomuga järelduste tegemiseks on tigu, eriti viinamäetigu. Töö viinamäetoega, tänu selle looma võrdlemisi suurtele mõõtmetele, ei tee erilisi raskusi. Temaga võib õpperingis korraldada kaks järgmist tööd: „Teo veri" ja „Teo südame tegevus".

Viinamäeteo veri. Teo vere saamiseks peab kõigepealt tegema väikese avause tema koja teise spiraali. See tehakse väikese viiliga. Nüüd tarvitseb ainult kotta tõmbunud jalale sõrmega suruda, ja teo keha kõhuosa tuleb tehtud august välja.

Teinud nüüd väikeste kääridega kõhuseina pisikese lõike, on kerge väljatilkuvat verd pisut katseklaasi koguda. Võtnud tilga verd esemeklaasile ja katnud selle katteklaasiga, vaadeldakse seda esmalt väikesel ja siis tugeval suurendusel. On selgesti näha gruppidena asetuvaid leukotsüüte. Mõne aja pärast kleepuvad ja valguvad leukotsüüdid kokku, moodustades plasmoodiumitaolisi masse. Peab tähelepanu juhtima teo vere sinisele värvusele. Asi seisab selles, et tema veri sisaldab selgroogsete loomade hemoglobiini[1] asemel erilist keerukat valguühendit — h e m o t s ü a n i i n i. Hemotsüaniin on nii nagu hemoglobiingi hapniku edasikandjaks, aga ta ei sisaldu mitte verelibledes, nagu selgroogsete loomade hemoglobiin, vaid esineb vereplasmas 2—3%-lises koguses lahustunult (inimesel on 14% hemoglobiini). Raua asemel on hemotsüaniinis vaske (0,2% hemotsüaniinist). Võib veel tähelepanu juhtida sellele, et 1 g hemotsüaniini seostab 0,5 cm^3 hapnikku (1 g hemoglobiini seostab 1,4 m^3 hapnikku). Neid arve tuleb võrrelda inimese vere koostise vastavate arvudega.

Töövahendid. 1—2 viinamäetigu. Mikroskoop. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. Katseklaas. Eseme- ja katteklaasid. Viil.

Viinamäeteo südame tegevus. Teo südant saab järgmiselt avada. Tigu võetakse vasakusse kätte ja hoitakse koja avausega enda poole ning tipuga ülespoole. Süda asetseb koja teises spiraalis avause kohal. Sellelt kohalt avatakse koda viiliga ja murtakse saadud augukese ääred ettevaatlikult pintsetiga maha. Läbi moodustunud avause on näha teo südametukseid.

Avanud väikeste kääride abil südamepauna (seejuures tuleb natuke koemahla välja), võib südant vaadelda. See koosneb väikesest õhukese seinaga kojast ja suurest tugevate lihastega vatsakesest.

Koda kinnistatakse ühes teoga nööpnõelte abil turvasplaadile või lauakesele, nii et äsjatehtud auk jääb ülespoole. Südamekoonete registreerimiseks viiakse pintseti abil niit südame alla, tehakse koja osas silmus ja seotakse silmuse juurest tulev niit kerge plokikangi külge.

---

[1] Meenutada, et hemoglobiini leidub lahuse näol limuka ja surusääsklase (tümlase) (*Chironomus plumosus*) tõukude vereplasmas.

Südant tuleb aeg-ajalt füsioloogilise lahusega niisutada (konnale kõlblik lahus).

Väga õpetlikud on teo südame tegevuse jälgimise katsed mitmesuguste temperatuuride puhul. Selleks peab südant järjestikku niisutama erineva temperatuuriga (10, 15, 20, 30°) füsioloogilise lahusega.

Töövahendid. 1—2 viinamäetigu. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. Preparеerimisnõelad. Pipett. Termomeeter. Nööpnõelad. Vann. Kerge kang. Piirituslamp. Keedukolmjalg. Asbestvõrk. Kolb füsioloogilise lahuse soojendamiseks. Turvasplaat või lauake. Niit.

X. HINGAMINE.

Teema koht ja tähtsus.

Teema „Vereringe" tundmaõppimisel said õpilased üldise kujutluse vere hingamisfunktsioonist ja gaasivahetusest kopsudes ning kudedes. Nad mõistavad juba, missugune tähtsus on väikesel vereringel gaasivahetuses. Nad teavad, et veri seostab hapnikku ja süsihappegaasi keemiliselt ning kannab neid edasi. Nad teavad samuti, et koed ka suure vereringe kapillaaridest hapnikku imevad ja süsihappegaasi verre eritavad, et kopsude kapillaarides toimub vastupidine protsess — veri vabaneb süsihappegaasist ja küllastub hapnikust.

Teema „Hingamine" õppimisel peab õpilaste teadmisi gaasivahetusest organismi ja ümbritseva keskkonna vahel süvendama, neid tutvustama hingamiselundite ehitusega, andma õige pildi hingamisliigutuste mehhanismist ja konkretiseerima nende kujutlust koehingamisest.

Selle kõrval peavad õpilased tutvuma niisuguste küsimustega, nagu kunstlik hingamine ja võitlus ründemürkidega, mis toimivad organismisse hingamiselundite kaudu, samuti tuleb käsitella gaasikaitse sanitaaralaseid algmõisteid.

Mida õpilased peavad omandama. Teema läbivõtmisel peavad õpilased omandama teadmisi järgmises ulatuses.

1. Teadmised anatoomia alalt. Hingamiselundite ehitus: ninaõõs — ninavahesein, ninakarbikud, limaskest, limaskesta näärmed,

virve-epiteel. Neelu ninamine osa. Kõri, kõrikaas, kilpkõhr, häälepaelad, häälepilu, kõri lihased. Hingetoru — trahhea. Bronhid, bronhide harunemine, hingamisteed, kopsusombud (alveoolid). Kopsud (parem ja vasak). Pleura. Rindkereõõs: rinnakorv, diafragma, hingamislihased.

2. *Teadmised füsioloogia alalt.* Hingamisliigutused — sisse- ja väljahingamine. Rahulik hingamine. Sügav hingamine.

Kopsude vitaalne maht, hingamisõhk, varu- (reserv-) õhk, täiendõhk, jääkõhk.

Erilised hingamisliigutused: naer, nutt, aevastus, köha. Kunstlik hingamine.

Hingamisliigutuste regulatsioon. Hingamiskeskus. Süsihappegaasi mõju hingamiskeskuse erutuvusele.

Hingamisprotsess. Väline hingamine — kopsude ventilatsioon. Hapniku kandumine vere ning lümfi kaudu kopsudest kudedesse ja süsihappegaasi kandumine kudedest kopsudesse. Sisemine hingamine ehk koehingamine.

Väline hingamine, gaaside edasikandumine vere ning lümfi kaudu ja sisemine hingamine — organismi hingamise ühtne protsess.

3. *Teadmised keemia ja füüsika alalt.* Atmosfääriõhu koostis. Väljahingatava õhu koostis. Atmosfääriline rõhk. Gaaside rõhk. Gaaside difusioon. Gaaside lahustumine vedelikes. Hapniku keemiline seostumine hemoglobiiniga, süsihappegaasi seostumine plasma ja erütrotsüütide sooladega.

4. *Teadmised ründemürkidest ja kaitsevahendid nende vastu.* Ründemürgid, mis toimivad hingamiselundeisse: lämmatavad, aevastus- ja mürkained. Kaitsevahendid ründemürkide vastu. Esmaabi ründemürgistuse puhul.

Teema läbivõtmise plaan. Teema läbivõtmine võib toimuda järgmise plaani järgi: 1. Hingamise tähtsus organismile. 2. Hingamiselundite ehitus. 3. Hingamisliigutuste mehhanism. 4. Hingamisliigutuste regulatsioon. 5. Gaasivahetus kopsudes ja kudedes. 6. Ründemürgid, mis toimivad hingamiselundeisse, ja kaitsevahendid nende vastu.

Kavas on teemale „Hingamine" määratud 6 tundi. Seda aega on kõige otstarbekohasem jaotada järgmiselt: sis-

sejuhatavaks vestluseks hingamise tähtsusest ja hingamiselundite ehitusega tutvumiseks mitte vähem kui 2 tundi; igale järgnevale küsimusele — hingamiselundite mehhanism, gaasivahetus kopsudes ja kudedes, ründemürgid — 1 tund.

Viimane, kuues tund kasutatakse teadmiste arvestamiseks kogu teema ulatuses.

Metoodilisi juhendeid.

1. Hingamise tähtsus.

Sissejuhatav vestlus. Hingamise käsitlemine algab lühikese sissejuhatava vestlusega. Vestluse ülesandeks on õpilastele selgitada, mida mõistetakse hingamisprotsessi all ja milline on selle protsessi tähtsus organismile.

Rea küsimuste esitamisega värskendab õpetaja esiteks õpilaste mälus teadmisi vere ja vereringe ülesandest organismi gaasivahetuses ümbritseva keskkonnaga. Kasutades materjali, mis on antud stabiilse õpiku vastavas paragrahvis, näitab ta siis, milles seisab hingamisprotsessi olemus ja milline tähtsus on sellel protsessil organismile.

Seejuures peab õpilastele selgitama, et vahetule vaatlusele nähtavad hingamisliigutused (sisse- ja väljahingamine) tagavad v ä l i s e hingamise — kopsude õhustamise (alveolaarse õhu vahetamise). Väline hingamine tagab verele ainult hapniku saamise ja süsihappegaasi eemaldamise temast.

Hingamisprotsessi põhiolemuseks on aga sisemine hingamine ehk koehingamine, mis toimub kudedes. Seejuures imavad kudede rakud hapnikku ja eritavad süsihappegaasi. Vere ja kudede vaheline gaasivahetus toi-

mub lümfi kaudu. Veri ja lümf on nagu vahendajaiks välise ja sisemise hingamisprotsessi vahel.

Gaasivahetuse protsessid, mis toimuvad kopsudes ja kudedes, ja gaaside kandumine vere kaudu kopsudest kudedesse ja tagasi moodustavad ühtsa hingamisprotsessi.

Pärast lühikest sissejuhatust märgib õpetaja ära teema põhimised küsimused ja siirdub siis õpilaste tutvustamisele hingamiselundite asetuse ning ehitusega.

2. Hingamiselundite ehitus.

Mitmesugused hingamistüübid loomadel. Enne kui siirduda hingamiselundite ehituse tundmaõppimisele, on soovitav õpilastega korrata materjali, mis neile on tuttav zooloogia kursusest, nimelt mitmesugused hingamistüübid loomadel. Lühikese ülevaate puhul hingamistüüpidest, alates ainurakseist loomadest ja lõpetades imetajatega, võib õpilaste tähelepanu juhtida hingamiselundite ehituse järkjärgulisele keerukamaks muutumisele.

Lihtsamail ainurakseil loomadel puutub kogu organism väliskeskkonnaga kokku ja võtab gaasivahetusest hingamisel vahetult osa. Õhukese õrna kattega hulkrakseil, näiteks paljudel ussidel, toimub gaasivahetus koevedeliku vahetalitusel läbi naha. Organismide edasisel tüsistumisel, tihedamate katete arenedes, tekivad erilised hingamiselundid, näiteks mõningail lülijalgseil (putukail) trahheed (hingamistorud), mis harunedes tungivad läbi kogu keha. Trahheed on eriliste avade — stigmade kaudu ühenduses atmosfääriõhuga. Gaasivahetus toimub putuka trahheede ja koevedeliku (hemolümfi) vahel. Kalade väline hingamine teostub lõpuste kaudu. Gaasivahetus toimub lõpuseid ümbritseva vee ja lõpusesoonte vere vahel. Reptiilidel ja amfiibidel on juba kopsud, kuid vii-

mastel toimub väline hingamine ka naha kaudu. Lindudel, imetajail ja inimesel toimub väline hingamine peaaegu täielikult kopsude kaudu.

Inimese hingamiselundite asukoht ja makroskoopiline ehitus. Andnud sellise lühikese ülevaate, on otstarbekohane siirduda õpilaste tutvustamisele hingamiselundite üldise paigutusega inimese kehas. Kasutades mulaaži või tabelit, mis kujutab inimese torsot avatud rindkere- ja kõhuõõnega, näitab õpetaja õhu kulgemise teed ninasõõrmeist kopsudeni. Seejuures nimetab ta üksteise järel hingamiselundkonna osi — *ninaõõnt, ninaneelu, kõri, trahhead bronhidega ja kopse*. Kokkuvõttes juhitakse tähelepanu kopsude asetusele rindkereõõnes.

Kuid mingil juhul ei tohi piirduda ainult torso või tabeli vaatlemisega. Õpilastele tuleb demonstreerida mõne imetaja looma kopse, mis on välja lõigatud ühes trahhea ja kõriga, soovitav ka söögitoruga. Seda on vaja teha sellepärast, et õpilased muidu ikkagi veel ei suuda endile kujutella hingamiselundeid, nii nagu need esinevad looduslikult. Demonstreerimisel juhib õpetaja õpilaste tähelepanu kõri, trahhea, bronhide, parema ja vasaku kopsu üldvälimusele ning asetusele, samuti söögitoru asukohale, kui see on olemas. Ühtlasi demonstreeritakse õpilastele kopsukoe elastsust: puhudes läbi kõrisse pistetud klaastoru kopsu õhku, näitab õpetaja, kui kergesti kopsud laienevad ja kokku vajuvad. Sellele katsele, mis selgesti demonstreerib kopsukoe elastsust, tuleb hingamisliigutuste mehhanismi selgitamise puhul veel tagasi pöörduda.

Pärast kopsude demonstreerimist tervikuna siirdutakse üksikasjalisele tutvumisele ninaõõne, kõri, trahhea ja kopsude ehitusega.

Töövahendid. Vasika, lamba või sea kopsud. Vaagnake kopsude jaoks. 25—30 cm pikkune klaastoru lõik (toru läbimõõt 3—5 cm). Käterätik. Tabel „Inimese hingamiselundid". Mulaaž „Inimese torso".

Ninaõõs. Ninaõõne tähtsusest hingamisprotsessis saavad õpilased aru alles pärast seda, kui nad on omandanud selge kujutluse tema ehitusest: karbikuist, limaskestast ja ninaõõnt katvast virve-epiteelist.

Ninaõõne läbilõike märgpreparaadid enamikus koolides puuduvad. Ninaõõne ehitust aitab selgitada kolju (eriti hästi frontaal- ja sagitaalsaetises) ja stabiilses õpikus lehekülgedel 67 ja 68 antud jooniste vaatlemine. Demonstreeritaval koljul peavad ninaõõne luud olema hästi säilinud. Kolju vaatlemisel tuleb õpilastel leida ninaõõnt kaheks osaks jaotav ninavahesein ja ninakarbikud. Viimased ulatuvad ninaõõne külgmistest seintest sissepoole.

Stabiilse õpiku joonise 31 vaatlemisel pööratakse tähelepanu ninaõõnt suuõõnest eraldavale vaheseinale (suuõõne laele) ja nina sisepinna üldlaadile.

Selgitades õpilastele ninaõõne tähtsust hingamisprotsessis, peab õpetaja tähelepanu juhtima sellele, et n i n a k a r b i k u d 1) jaotavad ninaõõne kitsaiks piludeks, millede vahelt sissehingatav õhk läbi läheb, 2) suurendavad märgatavalt ninaõõne sisepinda. Viimast võib arvuliste andmetega illustreerida. Suuõõne ruumala on märksa suurem kui ninaõõne ruumala. Ometi on suu sisepindala ainult 70 cm^2, kuna ninaõõne sisepindala ühes karbikute ja lisaõõnte (ninaõõnt moodustavate luude urgete) pindalaga ulatub 100 cm^2-ni.

Need ninaõõne ehituse iseärasused suurendavad õhu kokkupuute pinda ninaõõne seintega.

Teadmiste kinnistamiseks ninaõõne ehituse iseärasustest tuleb õpilastele anda kodune ülesanne: stabiilse

õpiku joonis 32 vihikuisse joonistada ja sellele pealkirjad panna (stabiilse õpiku joonisel pealkirjad puuduvad). Õpilased peavad näitama, kus on ninavahesein, karbikud ja õhuteed.

Siirdudes ninaõõne limaskesta ehituse ja tähtsuse küsimuse käsitlemisele hingamisprotsessis, tuleb peatuda järgmistel põhimomentidel:

1) nina limaskest on rikkalikult varustatud veresoontega ja on sellepärast ikka soe; õhu kokkupuutumine limaskestaga põhjustab õhu soojenemist;

2) rikkalikkude näärmete tõttu on nina limaskest alati niiske; selle tõttu õhk, mis kulgeb läbi ninaõõne, niiskub;

3) ninaõõnes puhastub õhk tolmust; sissehingatava õhu jämedalt-mehaaniline puhastus toimub ninaõõne esikus asetsevate karvakeste kaudu; peenemast tolmust puhastavad õhu ninaõõne sügavuses asetsevad karvakesed ja limaskesta virve-epiteel;

4) hingamisteede limaskestale sattuvad mikroobid hävitatakse leukotsüütide poolt, mis tulevad veresoontest nina limaskesta pinnale; lima, mida eritavad nina limaskestas leiduvad hulgalised näärmed, nõrgendavad mikroobide tegevust ja isegi hävitavad neist mõningaid.

Suur osa hingamisteedest — ninaõõs, trahhea, bronhid ja nende harud — on kaetud virve-epiteeliga. Viimase tähtsus on määratu suur. Õpilased peavad temast selge kujutluse saama. Neile tuleb võimaldada elava virve-epiteeli vaatlemine mikroskoobi all.

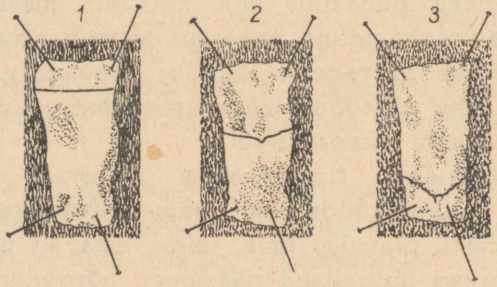
Töövahendid. Inimese kolju (soovitav frontaal- ja sagitaalsaetises). Tabel „Inimese hingamiselundid".

Virve-epiteeli mikroskoobiline preparaat. Virve-epiteeli ripsmekeste liikumise demonstreerimiseks võetakse tükike konna söögitoru või suulae õhukest kelmet. Võetud tükike pannakse esemeklaasile füsioloogilise lahuse tilgasse. Kaetakse katteklaasiga. Kõige demonstratiiv-

sema preparaadi saab järvekarbi (*Anodonta*) lõpuse tükist. Järvekarbi lõpuseid katval virve-epiteelil on pikad ripsmed, mis isegi koolimikroskoobi väikesel suurendusel on hästi näha.

Töövahendid. Konn või järvekarp. Mikroskoobid. Suured anatoomilised käärid. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. Prepareerimisnõel. Prepareerimisvann. Käterätik. Eseme- ja katteklaasid. Füsioloogiline lahus külmaverelistele. Tabel „Virve-epiteel".

Katsed virve-epiteeliga. On samuti soovitav õpilastele demonstreerida virve-epiteeli ripsmekeste liikumist järgmiste katsete abil.



Joon. 57. Pisimate osakeste edasiliikumine virve-epiteelil: 1 — katse alguses; 2 — viis minutit hiljem; 3 — kümme minutit hiljem.

1. katse. Pisimate osakeste edasiliikumine virve-epiteeli abil. Katse jaoks kasutatakse konna suuõõnt ja söögitoru katvat virve-epiteeli. Kuid selle virve-epiteeli ülesanne on konnal teistsugune — tema ripsmekesed on suunatud sissepoole ja soodustavad pisimate osakeste edasiliikumist mao suunas.

Võttes konna söögitoru välja, lõigatakse see pikuti lõhki ja kinnistatakse laialiasetatuna sisepinnaga ülespoole nööpnõelte abil kork- või puuplaadile. Pinguldatud söögitoru ülemisele äärele puistatakse kuiva tušipulbrit või söetolmu (joon. 57). 3—10 minuti pärast on tolmuvööt jõudnud söögitoru alumisele äärele.

Katset võib teha ka teisiti. Konnal purustatakse selja- ja peaaju (lk. 139). Lõigatakse suunurgad lõhki, tõmmatakse söögitoru sein nööpnõelte abil pingule, puistatakse suuõõnde korgi- või puusõetolmu ja vaadeldakse nende osakeste liikumist mao suunas.

2. katse. Virve-epiteeli väljalõigatud tükkide edasiliikumine. a) Konna söögitoru alumisest otsast lõigatakse 5—6 mm laiune rõngas ja märgistatakse tema ülemine äär. Rõnga sisepinda pestakse füsioloogilises lahuses niisutatud vatitombuga. Siis tõmmatakse söögitorurõngas enne füsioloogilise lahusega pestud klaastorule. Söögitorurõnga alumise ääre kohale tehakse torule triip või seotakse sellele kohale niit. 20—30 minuti pärast vaadatakse, kui palju rõngas edasi on liikunud. Katse kestel niisutatakse rõngast aeg-ajalt füsioloogilise lahusega. b) Konna söögitorust lõigatakse väikesed tükikesed; neid pestakse füsioloogilises lahuses ja pannakse virve-epiteeliga allapoole hästi puhtaks pühitud ja füsioloogilise lahusega kergelt niisutatud klaasile. Klaasi alla asetatakse paber, millele pliiatsiga märgitakse tükikeste piirjooned. 20—30 minuti pärast märgitakse ja mõõdetakse, kui kaugele virve-epiteeli tükikesed edasi on nihkunud.

Õpetaja peab enne nende katsete korraldamise tehnikaga harjuma.

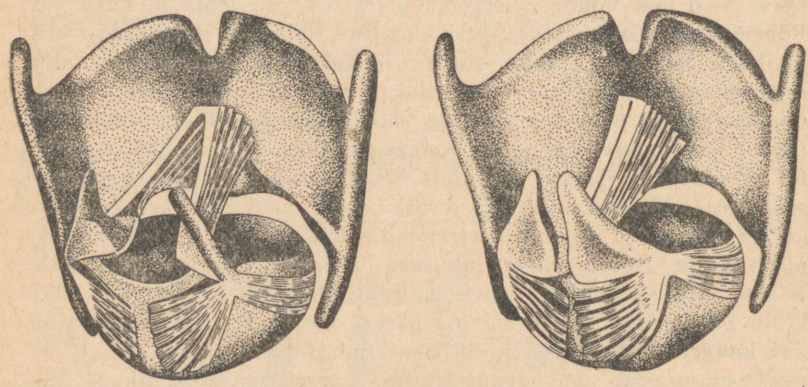
Töövahendid. 2—3 konna. Suured anatoomilised käärid. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. Prepareerimisnõel. Nööpnõelad. Prepareerimisvann. Käterätik. Turvas-, kork- või mõni muu plaat. Tükk klaasi. 25—30 cm pikkune klaastoru lõik (toru läbimõõt 5—8 mm). Puhas valge paberileht. Hügroskoopiline vatt. Niit. Füsioloogiline lahus külmaverelistele. Kuiv tušš või sõetolm. Tabel, mis selgitab virve-epiteeli ülesannet inimese hingamises.

Kõri. Kõri ehitusel tuleb peatuda üksikasjalisemalt, vastasel korral ei saa õpilased häälepaelte üldlaadist, asetusest ja liikumisest selget kujutlust.

Kõri ehituse tundmaõppimisel ei tohi piirduda ainult tabelite vaatlemisega. Õpilastele peab demonstreerima mõne suure kodulooma loomulikku kõri ja, kui koolis on, siis näitama ka inimese kõri märgpreparaati.

Kõri ehituse selgitamisel tuleb kasutada stabiilse õpiku jooniseid 31, 35 ja 36, samuti ka joonisel 58 kujutatud tabelit. Kasutades neid õppeabinõusid, näitab õpe-

taja, kus asetseb kõri, kus on kõrikaas, kilpkõhr, häälepaelad, kõri lihased. Õpilastele ei ole tarvis kõikide kõri moodustavate kõhrede nimetusi anda. Küllalt on, kui nad tunnevad kilpkõhre ja kõrikaant, mis suleb neelamise silmapilgul kõri.



Joon. 58. Kõri lihaste tegevus (poolskemaatiliselt): vasakul — avatud häälepilu; paremal — suletud häälepilu.

Tutvustades õpilasi kõri funktsiooniga peab märkima järgmisi momente:

1. Kõri on õhuteede üks ülemisi osi.

2. Kõri limaskest on väga tundlik. Ta reageerib otsekohe kõvade osakeste kurku sattumisele, põhjustades köhimist, mis need osakesed hingamisteedest välja heidab. Nõnda kaitseb kõri allpool asetsevaid hingamisteid.

3. Kõri on hääle-elund. Sõnade hääldamisest võtavad peale kõri osa veel neel, nina- ja suuõõs keeruka palgete, keele ja huulte lihaskonnaga. Eriti suur tähtsus selles protsessis on keelel. See on ainuke lihas, millel on ainult üks kinnistatud ots. Tänu sellisele iseärasusele omab keel erakordset liikuvust, millel omakorda on suur tähtsus mitmesuguste helide ja sõnade hääldamisel.

Töövahendid. Mingi suure looma kõri. Inimese kõri märgpreparaat. Suured anatoomilised käärid. 1—2 pintsetti. 1—2 prepareerimisnõela. Prepareerimisvann. Käterätik. Tabelid „Hingamiselundite ehitus" ja „Kõri ehitus".

Trahhea ja bronhid. Trahhea ja bronhidega tutvumiseks antakse igale õpilaslauale tükk trahhead, tükk kopsu, luup, skalpell või käärid. Õpilastele tehakse ülesandeks üksikasjaliselt vaadelda trahhea kõhrelisi moodustisi, bronhi harusid, veresoonte harunemist ja kopsukude ennast. Seejuures lastakse õpilastel kääride abil teha bronhide ja nende harude pikilõike. Lõikude najal orienteeruvad õpilased kergemini bronhide ehituses, saavad kujutluse nende harunemisest, võivad vaadelda limaskesta, mis neid katab, ja veresooni, mis tungivad läbi kopsukoe.

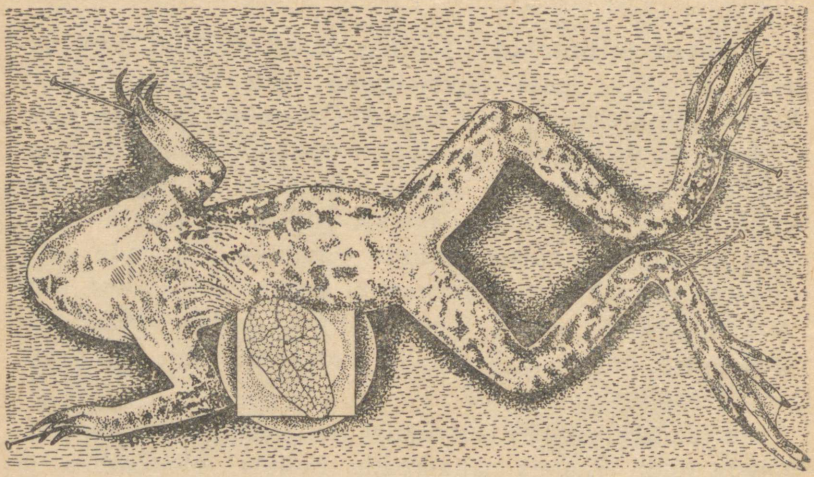
Pärast üksikasjalist tutvumist trahhea ja bronhide ehitusega juhib õpetaja tähelepanu sellele, et trahhea ja bronhid oma harudega moodustavad ühes ninaõõne ja kõriga õ h u t e e d. Kõhrelised moodustised nende seintes tagavad atmosfääriõhu vaba läbipääsu kopsuõõnde ja tagasi.

Töövahendid (igale õpilaslauale). Tükk trahhead. Tükk kopsu. Luup. Skalpell. Väikesed anatoomilised käärid (teravaotsalised). Prepareerimisvann. Käterätik.

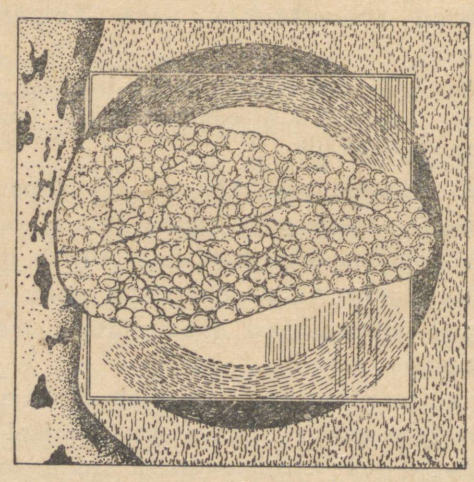
Alveoolid. Alveolaarsed käigud ehk kopsumullikesed sombukestega (alveoolidega) nende seintel on hingamisaparaadi tähtsamaks osaks. Just neis toimub gaasivahetus atmosfääriõhu ja vere vahel. Seepärast peab õpetaja õpilaste kujutlust alveoolidest (sompudest) maksimaalselt konkretiseerima.

Kopsude ehituse üksikasju selgitab õpetaja tabeli abil „Hingamiselundite ehitus". Tabeli puudumisel võib kasutada A. N. Kabanov'i stabiilse õpiku „Inimese anatoomia ja füsioloogia" joonist 38.

Selgema kujutluse alveoolidest annab õpilastele konna täispuhutud kopsu vaatlemine mikroskoobi all.



Joon. 59. Konna kinnistamine kopsu-vereringe vaatlemiseks.



Joon. 60. Konna kops mikroskoobi all.

Konna kopsul on lihtsam ehitus kui imetajate omal. Ta kujutab endast justkui üht hiiglasuurt kopsupõiekest alveoolidega.

Konna täispuhutud kopsu preparaadi valmistamise tehnika ei tee suuri raskusi. Selle preparaadi valmistamiseks muudetakse konn tavalisel viisil elutuks. Avatakse rindkereõõs, tehes lõike kaenlaalusest 1½—2 cm allapoole. Kõri avausse pistetakse klaastoru ja puhutakse kopsud täis. Täispuhutud kops tuleb lõike kohalt välja. Mikroskoobi all vaatlemiseks pannakse ta kahe puhta esemeklaasi vahele ning asetatakse turvasplaadi augu kohale, nagu on näidatud joonistel 59 ja 60.

Kokkuvõtte puhul võib õpetaja juhtida õpilaste tähelepanu sellele, et kops õhuteedega ja rindkereõõs lihastega, mis muudavad tema mahtu, moodustavad inimese hingamisaparaadi.

Töövahendid. 3—5 konna. Mikroskoobid. Suured anatoomilised käärid. Pintsett. 1—2 prepareerimisnõela. Prepareerimisvann. Esemeklaasid. 5—8 cm pikkused (4—5 mm läbimõõduga) klaastoru lõigud. Turvas- või korkplaadid.

3. Hingamisliigutuste mehhanism.

Tutvumine teadmistega, mis õpilased on kaasa toonud algkoolist, näitab, et neil pole õiget kujutlust hingamisliigutuste mehhanismist. Küsimusele, miks suureneb kopsude maht sissehingamisel, vastavad õpilased kõige sagedamini: „Sellepärast, et kopsud täituvad õhuga ja alveoolid laienevad" „Kopsudesse tungib õhk" jne. Niisugustest vastustest selgub, et õpilased ei saa aru, et kopsude laienemise ja ahenemise põhjuseks on rindkereõõne mahu muutumine.

Rindkereõõs. Enne kui siirduda hingamisliigutuste mehhanismi selgitamisele, tuleb meelde tuletada, kus asetsevad hingamiselundid, mida kujutab endast rindkereõõs, kuidas on paigutatud pleura, missugused liha-

sed võimaldavad rindkerel tõusta ja vajuda, missugune asend on diafragmal. See kordamine toimub tabelite järgi. Peale selle on tarvis demonstreerida mõne looma loomulikku diafragmat. Kui seda ei ole võimalik teha äsjatapetud looma juures, siis võib läbi ajada diafragmast aegsasti valmistatud märgpreparaadi demonstreerimisega.

Hiljem võib õpilastele jutustada vahekorra muutumisest rindkereõõne ja kopsude mahu vahel inimese kasvamise ja arenemise protsessis. Äsjasündinud, veel mitte hingaval lapsel on kopsud kokkuvajunud seisundis. Esimese hingetõmbega täituvad nad õhuga ja täidavad rindkereõõne. Lapse esimesel elunädalal vastab kopsude maht rindkereõõne omale. Edaspidi suurenevad rindkereõõne mõõted kiiremini, kui toimub kopsude kasvamine. Selle tagajärjel laienevad kopsud õhu survel ja on alati väljavenitatud olekus. Kujuneval inimesel on kopsud, mis täidavad rindkereõõnt, kaugele üle oma loomuliku mahu välja veninud. Selle tagajärjeks on „kopsude elastne tõmme", s. o. kopsude püüe aheneda. „Kopsude elastne tõmme" töötab vastu atmosfäärilisele rõhule ja vähendab rõhku neile elundeile, mis asetsevad rindkereõõnes väljaspool kopsude piire, näiteks südamele ja tähtsamaile südame soontele.

Töövahendid. Lahatud küülik, kass või mõni muu imetaja. Diafragma preparaat. Tabel „Inimese hingamiselundite ehitus".

Rindkere hingamisliigutused. On soovitav, et enne tutvumist hingamisliigutuste mehhanismiga õpilased teostaksid mõned iseseisvad vaatlused hingamise välisavalduste suhtes. Neid vaatlusi võivad nad teha endi juures. Tunniks, kus arutellakse hingamisliigutuste mehhanismi, antakse õpilastele ülesanne: vaadelda rindkere ja kõhuseina liikumist rahuliku ja kiirendatud hingamise puhul. Lastakse mõõta, kui palju muutub rindkere ümbermõõt sisse- ja väljahingamisel.

Hingamise välisavalduste vaatlemine viib järeldusele: sissehingamisel rindkere maht suureneb, väljahingamisel väheneb.

Kerkib loomulikult küsimus: miks rindkereõõne maht hingamisel muutub?

Rindkereõõne mahu muutumise põhjused. Selle küsimuse käsitlemisega tulebki otseteed alustada hingamisliigutuste mehhanismi enda selgitamist. Kõigepealt näitab õpetaja, millised lihased võtavad hingamisliigutustest osa ja missuguses suunas toimub rindkereõõne mahu suurenemine sissehingamisel.

Siis demonstreerib õpetaja luukerel roiete kinnistumist ja asetust, arutelles läbi stabiilse õpiku joonised 40—41 või tabelid, mis kujutavad endist nende jooniste suurendusi.

Mis toimub aga kopsudega, kui rindkereõõne maht suureneb või väheneb?

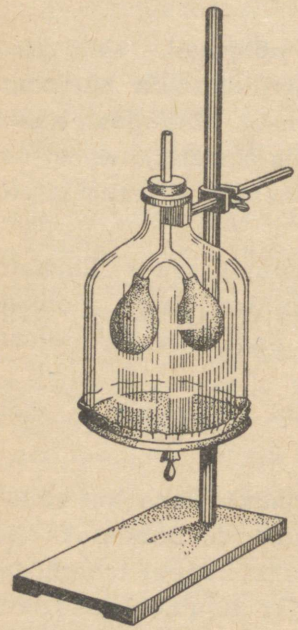
Donders'i aparaadi demonstreerimine. Enne kui sellele küsimusele vastata, tuleb demonstreerida Donders'i aparaati (joon. 61). Donders'i pudel ehk kuppel moodustab tingimisi rindkereõõne, kotikestepaar kujutab kopse, alumine kummipõhi — diafragmat. Donders'i aparaadi abil võib demonstreerida, kuidas muutub kopsude maht diafragma kokkutõmbumisel:

1) diafragma vajub alla — kopsud laienevad (sissehingamine);

2) diafragma pöördub endisesse asendisse — kopsud ahenevad (väljahingamine).

Need vaatlused annavad võimaluse õpilastele selgitada kopsude laienemise ja ahenemise sõltuvust rindkereõõne mahu muutumisest.

Demonstreerides katseid Donders'i aparaadiga, peab õpetaja selgitama, et sissehingamisel toimub õhu tõmbamine kopsudesse järgmisel viisil: roietevaheliste lihaste kokkutõmbumise ja diafragma lamendumise tagajärjel suurenenud rindkereõõne maht põhjustab kopsude laienemise. Õhurõhk kopsudes väheneb, mille tõttu atmosfääriõhk tungib läbi hingamisteede kopsudesse. Väljahingamisel toimub roiete allavajumine, diafragma tõuseb, mille tagajärjel rindkereõõne maht väheneb, kopsud vajuvad kokku ja osa õhku surutakse neist hingamisteede kaudu välja.



Joon. 61. Donders'i aparaat.

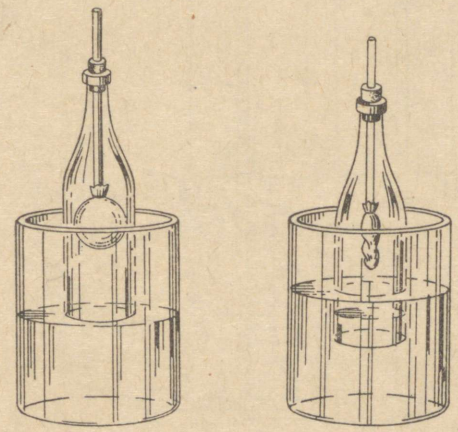
Donders'i aparaadi valmistamine. Diafragma valmistamiseks lõigatakse jalgpalli kummikotist ümmargune ketas või kasutatakse ümmarguse kummisoojendaja põhja (saadaval apteegis). Kotikestena (kopsudena) kasutatakse lapse mänguasju — õhupalle, mänguvorste jne. Kupli puudumisel kasutatakse pudelit, millel on põhi ära lõigatud. Kõige parem on võtta küüliku või kassi värsked loomulikud kopsud ja asetada need kunstlike kopsude asemel kuplisse. Äärmisel juhul võib kasutada ka Donders'i lihtsustatud seadeldist, mis on kujutatud joonisel 62. Selle seadeldise puhul on diafragmaks anuma veepind, kotikesed on valmistatud hülsipaberist.

Kui õpilased hingamisliigutuste mehhanismist juba aru saavad, peab neile näitama, millised lihased võtavad osa rindkereõõne mahu muutmisest rahuliku ja sügava hingamise puhul ja

kuidas toimub kunstlik hingamine. Pärast tuleb neile anda kujutlus erilistest hingamisliigutustest — aevastamisest, luksumisest, naerust, nutust.

Tööpahendid. Tuubusega klaaskuppel. Ümmargune kummiplaat. Kummikork. Kummikotid. Klaastoru lõik. Klaasist kolmiktoru. Väike kummitoru lõik kolmiktoru ühendamiseks klaastoruga. Tugev niit.

Kopsude vitaalmaht. Kokkuvõttes arutellakse küsimust hingamiselundite tegevuse muutumisest eri oludes ja

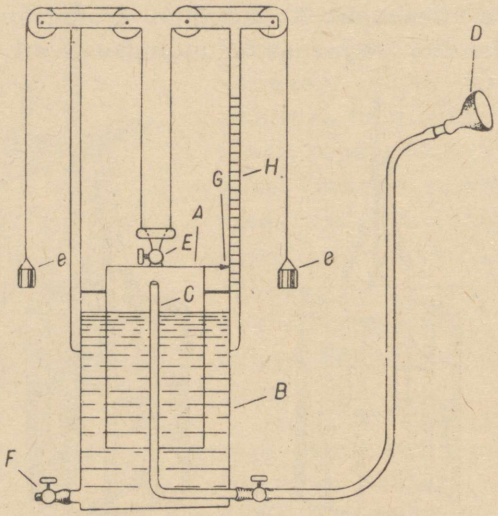


Joon. 62. Donders'i aparaadi lihtsustatud mudel.

antakse kujutlus inimese kopsude vitaalmahust. Ühenduses viimase küsimuse selgitamisega tuleb ostetud (joon. 63) või endatehtud spiromeetril (joon. 64) näidata, kuidas mõõdetakse kopsude vitaalmahtu, ja läbi arutada stabiilse õpiku joonis 42, millel on näidatud kopsudes asetseva õhu ruumala rahulikkude ja sügavate hingamisliigutuste puhul.

Spiromeetri kasutamise tehnika. Hutchinson'i spiromeetrit kasutatakse järgmiselt. Välissilinder täidetakse veega, seejuures avatakse sisesilindri kraan *E* ja lastakse silinder alla. Läbi avatud kraani *E* voolab vee poolt väljatõrjutud õhk välja. Pärast väliss-

silindri täitumist veega suletakse kraan *E*. Näitaja skaalal seatakse nullile. Õpilase kopsude vitaalmahu mõõtmisel lastakse tal pärast sügavat sissehingamist nina kinni hoida ja hingata intensiivselt läbi suu torusse *D*. Vee alla kogunev õhk põhjustab oma rõhuga sisesilindri tõusmist. Selle tõusmine lõpeb väljahingamise lõppemisega. Ühes silindriga tõuseb ka näitaja. Vitaalmaht võrdub kuup-



Joon. 63. Hutchinson'i spiromeeter: *A* — sisesilinder; *B* — välissilinder; *C* — toru, mille kaudu tuleb spiromeetrisse väljahingatud õhk; *D* — suhuvõetav toruots; *E* — kraan spiromeetrist õhu väljalaskmiseks; *F* — kraan spiromeetrist vee väljalaskmiseks; *G* — osuti; *H* — skaala; *e* — vihid, mis tasakaalustavad sisesilindrit.

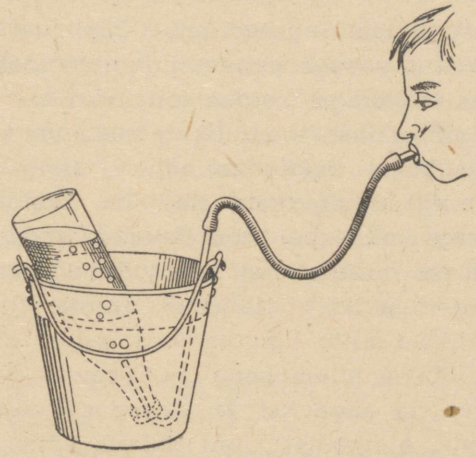
sentimeetreis skaala selle arvuga, mille juures näitaja peatub. Pärast iga mõõtmist avatakse kraan *E* ja lastakse sisesilinder alla. Näitaja seatakse jälle nulli kohale.

Suhuvõetavat toruotsa tuleb enne kasutamist pesta piirituse või mangaanhapu kaaliumi lahusega [1].

[1] Pärast tarvitamist lastakse vesi spiromeetrist läbi kraani *H* välja. Spiromeeter kuivatatakse puhta lapiga ära ja hoitakse kuivas kohas katte all.

Tööpahendid. Spiromeeter. Klaas mangaanhapu kaaliumi lahuse või piiritusega.

Endatehtud spiromeeter. Kopsude vitaalmahtu võib mõõta ka endatehtud spiromeetriga. Spiromeetri pange kallatakse vett (umbes poole pange kõrguseni). Pudel täidetakse veega ääreni. Siis suletakse pudel käega, pööratakse kummuli ja asetatakse veepange nii, nagu on näidatud joonisel 64.



Joon. 64. Endatehtud spiromeeter.

Endatehtud spiromeetris koguneb läbi toru minev õhk pudeli põhjaossa. Väljahingatud õhu mõõtmiseks suletakse pudel vee all korgiga, võetakse välja ja asetatakse lauale. Mõõteklaasi abil täidetakse pudel uuesti ääreni. Kopsude otsitav vitaalmaht võrdub juurdekallatud vee mahuga.

Tööpahendid. Pang. Pudel. Kõverdatud klaastoru. Kork pudeli sulgemiseks. Mõõteklaas.

4. Hingamisliigutuste regulatsioon.

Eelmärkused. Hingamisliigutuste regulatsiooni küsimuse käsitlemine peab olema hoolikalt läbi mõeldud. Õpilaste teadmiste kontrollimised on näidanud, et nad on

harva saanud küllalt selge kujutluse hingamiskeskusest ja selle tähtsusest hingamisliigutuste reguleerimisel. Nähtavasti on seda küsimust raske omandada. Keskkooli tingimustes ei paista ka katsete korraldamisega võimalik olevat sellest arusaamist kergendada. Kõige rohkem, mida õpetaja hingamisliigutuste reguleerimise küsimuse selgitamisel võib kasutada, on tabelid.

Hingamisliigutuste reguleerimise küsimust tuleb vaadelda tihedaimas seoses nende liigutuste mehhanismiga. Pärast tutvumist sellega, kuidas toimuvad sisse- ja väljahingamine, tekib täiesti loomulikult küsimus: mis põhjustab hingamislihaste kokkutõmbumist? Hingamiskeskuse tähtsus ja hingamisliigutuste rütmiline iseloom saavad õpilastele selgemaks, kui nad teevad endaga väikese katse. Tunni ajal lastakse neil proovida: 1) kas hingamisliigutuste sagedust võib tahtlikult muuta, 2) kas võib kestvalt tahtlikult mitte hingata. See katse ei võta üle 3—5 minuti. Katse tulemusena veenduvad õpilased, et hingamisliigutuste sügavust ja sagedust võib teatavais piirides muuta, hingamist kinni pidada võib aga ainult võrdlemisi lühikest aega — 1—2 minutit. Hingamine algab uuesti, olenemata meie tahtest.

Hingamiskeskus. Pärast neid tähelepanekuid näidatakse õpilastele, kus asetseb hingamiskeskus ja missugust tähtsust ta omab hingamisliigutuste reguleerimisel. Oma seletusi saadab õpetaja närvisüsteemi tabelite demonstreerimisega. Tabelil on näidatud hingamiskeskuse asukoht ja diafragma ning roietevaheliste lihaste juurde minevate närvide kulgemistee.

Refleksidest, mis tekivad kopsukoe väljavenimisel (sissehingamisel) ja kopsude ahenemisel (väljahingamisel) ning mis mõjutavad hingamisliigutuste mahtu, ei tarvitse rääkida. Tabelit, mis kujutab katset ristunud vere-

ringega, kasutatakse süsihappegaasi kui hingamiskeskuse erutaja tähtsuse selgitamisel [1].

Seda küsimust käsitelles tuleb õpilaste tähelepanu juhtida sellele, et hingamisliigutused algavad vastsündinu esimese kisaga ja lõpevad alles surmaga. Süsihappegaasi kogunemine vastsündinu verre on esimese hingetõmbe tõukeks. Emaüsas ei hinga loode iseseisvalt; ta varustub hapnikuga ja vabaneb süsihappegaasist vahetuse teel platsentas. Loote kapillaarid puutuvad platsentas tihedalt kokku ema verega. Sündimisel katkeb lapse anatoomiline seos emaga, tema verre koguneb esmakordselt süsihappegaasi, mille tagajärjel hingamiskeskus ärritub, põhjustades esimese hingetõmbe. Süsihappegaasi erutavat toimet hingamiskeskusesse kasutatakse varjusurnute elustamiseks. Sel eesmärgil pumbatakse neile kopsudesse hapnikku, millele lisatakse 3% süsihappegaasi.

Pärlipüüdjad võivad 5 ja rohkem minutit vee all viibida. Enne sukeldumist hingavad nad intensiivselt üks või kaks minutit. Intensiivne hingamine vähendab tublisti süsihappegaasi-sisaldust veres. See põhjustab hingamisliigutuste ajutist seisakut seniks, kuni süsihappegaasi hulk veres muutub hingamiskeskuse erutamiseks küllaldaseks. Varem läbivõetud kavaosast „Vereringe" on õpilastel juba teada, et eluprotsesside tulemusena tekib organismis alatasa süsihappegaasi, mis seostub keemiliselt ja kantakse verega edasi. Seepärast suudavad õpilased ilma erilise vaevata aru saada, et hingamiskeskus erutub verre kogunenud süsihappegaasi mõjul.

[1] Keskkoolis ei tarvitse õpilastele kõnelda, et hingamiskeskust ei eruta mitte vahetult CO_2, vaid hingamiskeskuse rakkude endi reaktsiooni muutumine happesuse suunas, mida põhjustab CO_2 kontsentratsiooni suurenemine veres.

Pärast tutvumist hingamisliigutuste regulatsiooniga saab õpilastele arusaadavaks, miks diafragma ja teised hingamislihased kokku tõmbuvad. Nende kokkutõmbumist põhjustavad hingamiskeskusest tulevad erutused.

Kokkuvõtet tehes tuleb peatuda hingamiselundite tegevusel eri tingimustes — rahu ja intensiivse töö puhul. Seda küsimust käsitellakse õpikus enne hingamisliigutuste regulatsiooni. Otstarbekohasem on aga teda puudutada pärast seda, kui õpilased juba on omandanud teadmisi hingamiskeskusest. Materjali niisuguse esitamiskorra puhul on hingamisliigutuste sageduse ja sügavuse muutuste põhjused intensiivse töö korral, samuti ka hingamiselundite töö kohanemine organismi vajadustega õpilastele täiesti arusaadavad.

Töövahend. Tabel „Närvisüsteem" (skeem).

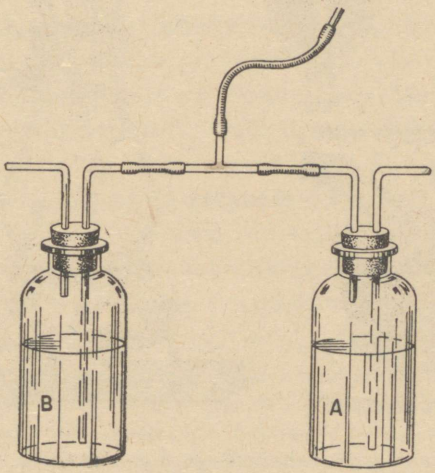
5. Gaasivahetus kopsudes ja kudedes.

Sissehingatava ja väljahingatava õhu koostis. Eelnevail tundidel said õpilased üldkujutluse gaasivahetusest kopsudes ja kudedes. Järgmise tunni ülesanne seisab nende üldkujutluste konkretiseerimises. Õpilastele tuleb esitada andmed sissehingatava ja väljahingatava õhu koostise kohta, samuti demonstreerida süsihappegaasi eritumist kudedest (koehingamine). Võib olla, et katse, mis demonstreerib süsihappegaasi erinevat sisaldumist sissehingatavas ja väljahingatavas õhus, on õpilastele tuttav juba eelmistest kursustest. Seda vähem tohib selle kordamist liigseks pidada.

Sissehingatavas ja väljahingatavas õhus leiduva süsihappegaasi kindlakstegemiseks kasutatakse nn. „Müller'i sulgklappe" (joon. 65). Sulgklapid on paigutatud nii, et pudel *A* laseb õhku läbi ainult sissehingamisel, *B* —

ainult väljahingamisel. Mõlemasse pudelisse kallatakse võrdses koguses läbipaistvat barüüt- või lubjavett. See on vajalik süsihappegaasi absorbeerimiseks.

Teinud selle aparaadi abil mõned sisse- ja väljahingamised, võib näitlikult tõestada, et väljahingatav õhk sisaldab rohkem süsihappegaasi kui sissehingatav õhk. Sellesama aparaadi abil võib korraldada katse süsihappegaasi-sisalduse kindlakstegemiseks klassi õhus tunni algul ja lõpul. Puhudes ballooni abil klassi õhku läbi

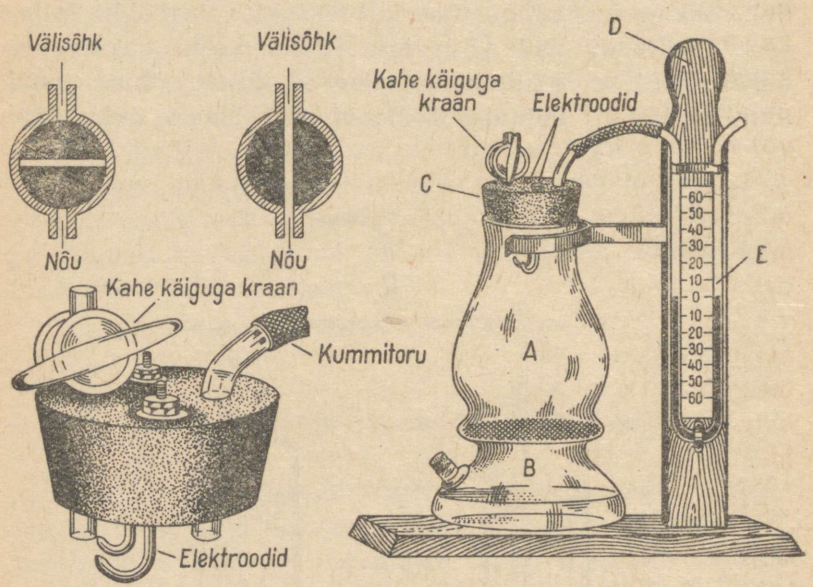


Joon. 65. Müller'i sulgklapid.

lubjavee täheldatakse, et õpilaste hingamisest õhku kogunenud süsihappegaasi tagajärjel toimub lubjavee sogastumine tunni lõpul tugevamini ja algab varemini (arvestatakse kella järgi). Niiviisi näitab see katse õpilastele kujukalt, kui tähtis on klassi ja toa õhu värskendamine.

Töövahendid. Müller'i sulgklapid. Kummiballoon. Lubjavesi. Klaas mangaanhapu kaaliumi lahusega.

Loomade ja taimede hingamine. Väga soovitav on õpilastele näidata, et just nagu inimene, neelavad loomad (ja samuti ka taimed) hingamisel hapnikku ja eritavad süsihappegaasi. See selgitatakse aparaadi abil, mis on kujutatud joonisel 66. Aparaat koosneb klaasnõust ja



Joon. 66. Aparaat gaasivahetuse ja koehingamise demonstreerimiseks: *A* — nõu ülemine osa, kuhu paigutatakse katseobjekt; *B* — nõu alumine osa, kuhu valatakse absorbeerija CO_2; *C* — kork; *D* — alus; *E* — manomeeter.

manomeetrist. Nõu sees olevale metallvõrgule asetatakse katseloom. Nõu alumisse ossa valatakse barüütvett või 40%-list kaaliumhüdroksüüdi-lahust. Nõu ühendatakse manomeetriga. Nõu ülemine ja alumine ava suletakse hermeetiliselt kergelt vaseliiniga määritud korkidega. Kraan suletakse. 2—3 minuti pärast hakkab vedelikusammas manomeetri suletud harus tõusma. See näitab nõus rõhu

langemist, mis toimub selle tagajärjel, et katseloom neelab hapnikku, kuna tema poolt eritatava süsihappegaasi kogub kaaliumhüdroksüüd omakorda endasse. Kui nõu alumisse ossa on kallatud barüüt- või lubjavett, siis sogastub see 3—5 minuti pärast märgatavalt. Kohasteks katseobjektideks on hiired, konnad, putukad (tarakanid, kapsaliblikate nukud), limukad. Nende hingamise intensiivsus on erinev. Eriti suur on see hiirtel: 1—2 minuti pärast võib manomeetri harude taseme vahe olla 4—5 cm või isegi rohkem.

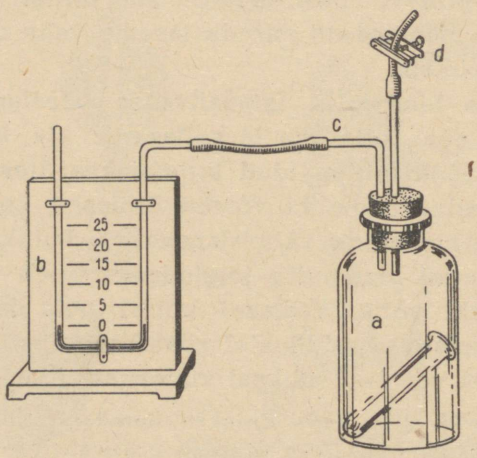
Loomade hingamise intensiivsuse võrdlemiseks hoitakse neid aparaadis ühe ja sellesama aja kestel (2—3 minutit). Manomeetri näidud kirjutatakse üles ja võrreldakse. Saadud andmeid võivad õpilased kasutada oma vihikuis diagrammide valmistamiseks. Putukate (tarakanide, nukkude) hingamise jälgimiseks tuleb neid vähemalt 10 tükki võtta. Vastasel korral pole katse küllalt kujukas. Samadel kaalutlustel võetakse katse jaoks vähemalt 2 suurt või 4—5 väikest vihmaussi (limukat).

Töövahendid. Hiir. Konn. Putukad (tarakanid, liblikate nukud jne.). Vihmaussid. Kaks-kolm aparaati gaasivahetuse ja koehingamise demonstreerimiseks. Käterätik. 40%-line kaaliumhüdroksüüd. Lubja- või barüütvesi. Vaseliin. Alkaniini või joodiga värvitud petrooleum (manomeetrite täitmiseks).

Endatehtud aparaat väikeste loomade gaasivahetuse jälgimiseks. Väikeste loomade gaasivahetuse jälgimiseks võib ka ise teha aparaadi (joon. 67). See konstrueeritakse järgmiselt. Kummi- või parafiinitud korgiga hermeetiliselt suletavasse pudelisse paigutatakse mingi väike loom (hiir, konn, vihmauss, tarakan, nukk, liblikas jne.). Sinnasamasse pannakse katseklaas kaaliumhüdroksüüdi tükikestega, loomade poolt eritatava süsihappegaasi absorbeerimiseks. Pudel ühendatakse manomeetriga, millesse on valatud värvitud petrooleumi. 2—3 minuti pärast keeratakse kruvitaoline näpits kinni ja jälgitakse manomeetrit. Vedelik hakkab manomeetri suletud harus tõusma; järelikult rõhk pudelis väheneb. Rõhk langeb pudelis sellepärast, et loom neelab hinga-

misel hapnikku ja tema poolt eritatava gaasi absorbeerib omakorda kaaliumhüdroksüüd.

Ei ole soovitav liiga lähedale pudeli kohale kummarduda ja teda kätega puudutada, sest soojenemisest laieneb õhk pudelis. Õhurõhk põhjustab manomeetri kinnises harus vedelikusamba taseme langemist, mis moonutab katse tulemusi. Püsiva temperatuuri säilitamiseks on kõige parem paigutada pudel teise nõusse, mis sisaldab toatemperatuurilist vett.



Joon. 67. Endatehtud aparaat väikeste loomade gaasivahetuse demonstreerimiseks: *a* — pudel, kuhu paigutatakse loomad; *b* — manomeeter; *c* — nurktoru; *d* — näpits.

Töövahendid. Laia kaelaga reaktiivipudel (500 cm^3). Kummi- või parafiinitud kork pudeli jaoks. Kaks klaastoru lõiku. Kaks kummitoru lõiku vastava diameetriga. Kruvinäpits. Manomeeter. Katseklaas. Kaaliumhüdroksüüd tükkides.

Koehingamine. Koehingamisele ei osutata koolis tavaliselt peaaegu üldse tähelepanu. Ka stabiilses õpikus on seda küsimust vaid möödaminnes puudutatud. Ja ometi moodustab koehingamine hingamisprotsessi põhilise tuuma. Selle suhtes õpilaste tähelepanu mitte teritada tähen-

dab kõige tähtsam osa hingamisest puudutamata jätta. Õpik vaatleb küsimust selle kohta, et „meie keha igas rakus, igas koes toimuvad alatiselt hapendumisprotsessid", et „iga rakk, iga kude tarvitab hapnikku". Õpikus on tähelepanu juhitud ka sellele, et „orgaaniliste ainete hapendumise peamiseks saaduseks on süsihappegaas". Lõpuks on viidatud ka sellisele momendile, et „iga 10 l hapniku kohta, mida koed tarvitavad, eritatakse harilikult 7 kuni 10 l süsihappegaasi".

Konstateerides neid fakte, peab õpetaja arvestama seda asjaolu, et õpilased, nagu näitavad kogemused, ei kujutle endale koehingamise protsessi mitte kui omapärast bioloogilist protsessi, vaid kui tavalist ja neile arusaadavat põlemisprotsessi keemia kursusest. Seda silmas pidades peab õpetaja koehingamise protsessil peatudes õpilaste tähelepanu juhtima järgmisele asjaolule.

Orgaaniliste ainete põlemine õhus toimub sadade kraadide juures; et põletada tärklist, rasva ja valku, peab neid, nagu teame, tulel soojendama. Ometi on temperatuur inimese keha kudedes umbes 38°, tähendab, orgaaniliste ainete tavalisest põlemisest rakkudes ja kudedes ei või juttugi olla.

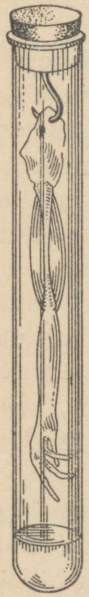
Nagu teadlaste uurimised on näidanud, leidub kudedes erilisi aineid, mis kiirendavad hapendumisprotsesse ja annavad hapnikku rakkude ning kudede orgaanilistele ainetele edasi. Tänu nende ainete osavõtule teostuvadki koehingamise protsessid.

Võib tähendada, et neid aineid nimetatakse hingamisfermentideks. Siinsamas võib ka mainida, et organismis on palju mitmesuguseid fermente ja et peaaegu kõik eluprotsessid toimuvad nende osavõtul [1]. Kuid mingil tingi-

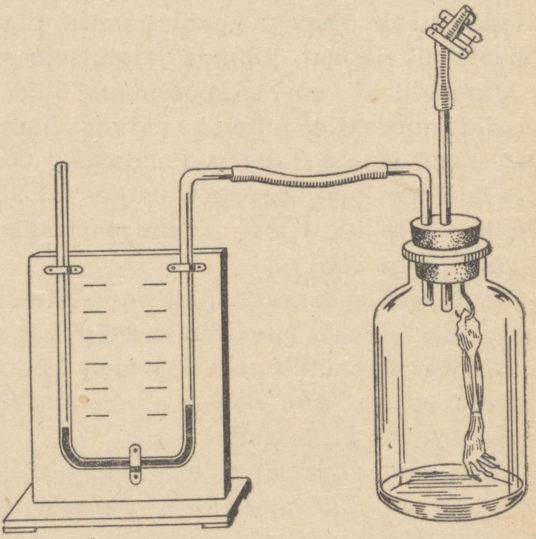
[1] Siin võib meelde tuletada, et aine, mis võtab osa vere hüübimisest (vt. teema „Veri ja vereringe"), kuulub samuti fermentideks nimetatud ainete rühma.

musel ei tohi piirduda ainuüksi koehingamisest kõnelemisega. Katsed, mis tõestavad koehingamise olemasolu, on demonstratiivsed ja lihtsad. Seepärast võib ja peab iga õpetaja neid õpilastele ka näitama. Võib piirduda kas või järgmiste katsetega.

1. Lihaskude eritab süsihappegaasi. Katseklaasi kallatakse lubjavett (5—6 cm^3), korgi külge, mis katseklaasi suleb, kinnistatakse nööpnõelaga konna koib, millelt enne nahk on eemaldatud (joon. 68). 20—30 minuti pärast täheldatakse lubjavee sogastumist. Järelikult eritavad lihased süsihappegaasi.



Joon. 68. Koehingamise demonstreerimine katseklaasis.



Joon. 69. Endatehtud aparaat koehingamise katsete korraldamiseks.

2. Lihased neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi. Laia katseklaasi või väike-

sesse pudelisse (joon. 69) valatakse umbes 10 cm^3 40%-list kaaliumhüdroksüüdi-lahust. Korgi külge, millega katseklaas suletakse, riputatakse või kinnistatakse konna koib, millelt nahk on eemaldatud. Tuleb jälgida, et kork oleks tihedalt suletud. Sellest sõltub katse edu. Suurema hermeetilisuse tagamiseks määritakse kork vaseliiniga. Aparaadi käsitsemisel tuleb silmas pidada samu reegleid, mis on ülalpool antud väikeste loomade hingamise jälgimisel.

20—30 minutit pärast katse korraldamist hakkab vedelik manomeetri pudelipoolsel küljel tõusma, mis näitab rõhu vähenemist pudelis. Rõhk väheneb selle tagajärjel, et konna koiva lihased neelavad õhu hapnikku, erituva süsihappegaasi imeb aga kaaliumhüdroksüüd endasse.

Need mõlemad katsed peavad õpilasi veenma hingamisprotsessi olemasolus lihaskoes.

Suurt huvi pakub koehingamise demonstreerimine isoleeritud lihase puhul enne ja pärast tööd. Niisuguste katsete korraldamiseks võib kasutada gaasivahetuse aparaati. Selleks varustatakse aparaadi kork kahe kontaktiga, mis lõpevad nõu sees konksudega. Ühe konksu otsa riputatakse vaagnatpidi konna tagajäsemete preparaat nii, et ülesriputatud jalgade varbad puudutaksid võrku. Teise konksu otsa riputatakse tükk traati, mis samuti puudutab võrku. Nõu põhja kallatakse absorbeerija — lubja- või barüütvesi.

Aparaat monteeritakse, nagu ülal kirjeldatud. Jälgitakse vedeliku tõusmist manomeetris ja barüütvee sogastumise intensiivsust. Siis ühendatakse kontaktid elektrivoolu allikaga ja ärritatakse rütmiliselt koiba (umbes 30 ärritust minutis). Jälgitakse uuesti vedeliku tõusmise ja barüütvee sogastumise intensiivsust. On selgesti näha, et hapniku tarvitamine ja süsihappegaasi eritumine suurenevad pärast lihase tegevust tunduvalt.

Katsete põhjal ei ole õpilastel raske kujutella analoogilise protsessi võimalust ka igas teises elavas koes.

Kodune ülesanne. Teadmiste kinnistamiseks võib õpilastele anda kodus lahendada järgmised ülesanded:

1. Kui palju süsihappegaasi eritavad inimese kopsud ööpäevas (liitreis ja grammides)?

Inimene hingab minutis umbes 16 korda. Keskmiselt hingab inimene korraga 500 cm^3 õhku välja. Atmosfääriõhus on süsihappegaasi 0,03%, väljahingatavas õhus aga 4%.

Liiter süsihappegaasi kaalub 1,8 g.

2. Kui palju vett (auruna) eritavad inimese kopsud ööpäevas?

Igas väljahingatud õhu liitris on 0,05 g vett, sissehingatud õhu liitris aga 0,01 g.

3. Kui palju süsihappegaasi eritavad antud klassi õpilased ühe tunni jooksul?

Töövahendid. 1—2 konna. Katseklaas korgiga. 100—150-cm^3 reaktiivipudel kummikorgiga. Kaks klaastoru lõiku. Kaks kummitoru lõiku. Kruvinäpits. Manomeeter. Lubjavesi. 40%-line kaaliumhüdraadi-lahus. Vaseliin. Värvitud petrooleum manomeetri jaoks.

6. Ründemürgid, mis kahjustavad inimese organismi kopsude kaudu.

Keemia kursuses tutvusid õpilased ründemürkide füüsikalis-keemiliste omadustega ja kaitsevahenditega nende vastu. Inimese anatoomia ja füsioloogia kursuses aga peavad nad saadud teadmisi täiendama andmetega selle kohta, kuidas need mürgid mõjuvad inimese organismisse. Niisugune tutvumine on tarvilik selleks, et õpilased teadlikult suhtuksid ründemürkide-vastaste ettevaatus- ja ravivahendite tarvituselevõtmisesse.

Õpilaste tutvustamiseks hingamiselundite kaudu mõjuvate ründemürkidega on määratud piiratud aeg. Seepärast on otstarbekohasem neid tutvustada mitte kõigi ründemürkidega, vaid ainult tüüpilisematega. Niisuguste ründemürkide hulka kuuluvad fosgeen ja kloor. Nende mürkide kaudu tutvuvad õpilased sellega, kuidas ründemürgid kahjustavad organismi kopsude kaudu ja milliste vahenditega end nende vastu kaitsta saab.

Ründemürkidega tutvumine toimub vestluse kujul. Mingite katsete korraldamisest nende ainete mõju demonstreerimiseks ei saa koolis kõnetki olla. Kui koolil on alloskoop, siis on soovitav demonstreerida diapositiivset filmi „Kaitse ründemürkide vastu". Otstarbekohane on ka ekskursiooni korraldamine kohaliku Nõukogude Armee Maja Õhukaitse Kabinetti, Kaitse Majja või Armee Abistamise Vabatahtliku Ühingu muuseumi.

Vestlust alustades kontrollib õpetaja küsimuste esitamisega, missugused teadmised on õpilastel ründemürkidest. Demonstreerides siis ründemürkide komplektist katseklaase, tutvustab õpetaja õpilasi tähtsaimate lämmatusainete iseloomulike omadustega.

Fosgeen. Kõige suurem tähtsus on fosgeenil. Esmakordselt leiutas selle Davy 1811. a. päikesevalguse toimel segusse, milles olid võrdsed kogused vingugaasi ja kloori võrrandi järgi:

$$CO + Cl_2 = COCl_2.$$

0° puhul on fosgeen värvusetu lenduv vedelik omapärase lõhnaga, mis meenutab roiskuvate heinte lõhna. Vedel fosgeen keeb +8,2° temperatuuril. Nii on ta tavalisel toatemperatuuril gaasilises olekus. Gaasjas fosgeen on 3,5 korda raskem õhust. Tänu sellele ta laotub maa peale, koguneb sügavikesse, orgudesse ja kuristikesse. Fosgeen lahustub halvasti vees, aga väga kergesti mitmesugustes orgaanilistes lahustites: rasvades, jää-äädikas jt. Ta ühineb kergesti hapetega, alkoholidega jne. Vee mõjul (kuum vesi mõjub tugevamini kui külm) laguneb fosgeen kloorvesinikuks ja süsihappegaasiks võrrandi järgi:

$$COCl_2 + H_2O = 2HCl + CO_2.$$

Fosgeeni võime mitmesuguste ainetega keemiliselt kergesti reageerida, moodustades seejuures täiesti kahjutuid produkte, on väga suur. Lenduvus ja teised füüsikalised omadused sunnivad meid teda lugema ebapüsivate mürkainete hulka.

Oma toimelt on fosgeen kõige toksilisemaid ründemürke. Ta on 10—15 korda mürgisem kloorist. Mürgistussümptoomide ilmnemise kiiruse järgi kuulub fosgeen nn. aeglase toimega mürkainete hulka.

Pärast puhtas õhus viibimist või hapniku sissehingamist nõrgenevad kannatanul mürgistustunnused tavaliselt märgatavalt ja mööduvad sageli peaaegu täielikult. Saabub näilise heaolu periood. Seda perioodi kutsutakse varjatud ehk latentsiperioodiks. Selle näilise heaolu katte all toimuvad organismis aegamööda patoloogilised muutused, mis toovad surma. Varjatud perioodi kestus võib olla mitmesugune. See lüheneb järsku kannatanu viibimise puhul külma käes, füüsilise töö sooritamise ja intensiivse liikumise puhul. Selle kestus kõigub 2—12 tunni vahel.

Fosgeenmürgistuse puhul muutub hingamise rütm mürgi toime tagajärjel hingamisteede närvielementidesse. Sügav sissehingamine osutub peaaegu võimatuks, hingamine muutub sagedaseks ja pealiskaudseks. Areneb hingeldus ja algab kopsuepiteeli ning kapillaaride vigastuse tagajärjel kopsuturse. Kannatanul täheldatakse köha rikkaliku vahuse, sageli verega segunenud vedeliku eritamisega. Eritatava vedeliku hulk on vahel niivõrd suur (1—1,5 liitrit), et niisugust seisundit nimetatakse „uppumiseks kuival".

Kõik need kannatanu kopsudes arenevad nähtused häirivad hingamistegevust. Organism hakkab kannatama hapniku puuduse ja samaaegse süsihappegaasi kogunemise all veres. Selle tagajärjel täheldatakse kannatanul teravalt nahakatte ja nähtavate limaskestade siniseks muutumist. Fosgeeni poolt inimesesse avaldatava toime illustreerimiseks võib tuua järgmise juhu[1].

„Kell 1 päeval lõhkes laual nõu fosgeeniga. Teine isik märkas kollakat pilve, mis tõusis näkku keemikule, kes hüüdis: „Olen gaasiga mürgistatud!", ja mõlemad tõttasid toast välja. Väljaspool tuba istus haige tugitooli, ta oli kahvatu ja köhis kergelt. Kell 2.30 lamas ta rahulikult haiglas, kuhu ta pärast sündmust autoga viidi. Ta peaaegu ei köhinud. Pulss oli normaalne. Närvitsemata ja rahutust avaldamata jutles ta vabalt sõpradega üle tunni. Kogu

[1] E. Vedder, Gaasisõja meditsiinilisi küsimusi. Harkov, 1932.

selle aja tundis ta end niivõrd hästi, et pärast haiglasse vastuvõtmist isegi arsti tema juurde ei kutsutud. Kell 5.30 algas köha vahuse röga eritamisega ja haigel tõmbusid huuled siniseks. Tema seisund hakkas kiirelt halvenema. Iga köhahoo puhul eritas ta suure hulga heledat kollakat vahust vedelikku, mida 1 tunni 30 minuti jooksul kogunes natuke vähem kui 2,5 liitrit. Haige nägu muutus mullakarva halliks, ehkki pulss püsis kaunis hea. Mürgistatu suri kell 6.30 ilma eriliste väliste lämbumistunnusteta. Mürgistussümptoomid olid alguses väga nõrgad, siis tuli vähemalt neljatunnine vaheaeg. Raske turse lõppareng kuni surma silmapilguni võttis natuke üle tunni aega, kuigi patsient lamas kogu aja rahulikult voodis."

Kloor. Kloor (Cl) on kollakasroheka värvusega, lämmatava lõhnaga gaas. Ta on õhust 2,5 korda raskem, mispärast laotub maa peale, kogunedes sügavikesse. Kloor ühineb erakordselt kergesti mitmesuguste orgaaniliste ja anorgaaniliste ainetega. Ta lahustub kergesti vees, piirituses, eetris ja teistes lahustites.

Oma suure keemilise aktiivsuse ja kerge lenduvuse tõttu kuulub kloor ebapüsivate mürkainete hulka. Kloori kasutatakse laialt mitmesuguseis tööstusharudes. Mürgistused tema kaudu on võimalikud ka rahuolukorras. Viibimine klooriatmosfääris kontsentratsiooni puhul 3 mg liitri õhu kohta põhjustab 3 minuti jooksul raske kopsumürgistuse, mis lõpeb surmaga. Nõrku kloori kontsentratsioone (mitte üle 0,015 mg liitri õhu kohta) kasutatakse terapeutiliste eesmärkidega mitmesuguste haiguste (peamiselt gripi) puhul.

Kloori sisaldava õhu sissehingamine põhjustab teravat valusat ärritust ülemistes hingamisteedes, tugevaimat kõrvetust ninas, kurgus, kõris ja neelus, lõikavat valu silmis, pisaratevoolust, voolust ninast ja erakordselt visa köha. Köha suureneb, algab vedela vahuse, mõnikord veresegase röga eritamine, tekib tsüanoos (sinitõbi), areneb kopsuturse, mis sageli lõpeb haige surmaga.

Neil juhtudel toimuvad üldised patoloogilised muutused järgmiselt: täheldatakse trahhea ja suurte bronhide ägedat põletikku — epiteeli mahatulekut ja limaskesta korbataolisi muutusi, hingamisteede turset, verejooksu kopsudesse, kriitilist südame laienemist, verevalumit tema lihasesse.

Kloori väga tugevate kontsentratsioonide puhul saabub surm pärast esimesi sissehingamisi peaaegu silmapilkselt. Selletaolist juhtu kirjeldab Vedder järgmiselt: „Inimene, kes on jäänud gaasipilvesse, tunneb tugevat lämbust, hingab sügavalt sisse, kukub,

ei saa tõusta, võitleb mõne minuti ja sureb. Säärastel juhtudel muutub nägu mustaks, huuled rohekassiniseks, nahk omandab roheka varjundi."

Vingugaas. Vingugaas ehk süsinikoksüüd omab üldmürgistavat toimet. See gaas pole ründemürk ja sellisena teda ei saa ka rakendada, sest ta on õhust kergem. Siiski on lahingutingimustes suure hulga laskemoona õhkulendamise ja plahvatavate ainete lagunemise puhul süsinikoksüüd-mürgistuse juhud võimalikud.

Süsinikoksüüd-mürgistuse juhtusid täheldatakse ka igapäevases elus (ebaõige ahjukütmise puhul ja valgustusgaasist).

Vingugaasi mõju organismile on õpikus hästi kirjeldatud.

Kaitsevahendid ründemürkide vastu. Tutvustanud õpilasi ründemürkidega, siirdub õpetaja individuaalsete ja kollektiivsete kaitsevahendite käsitlemisele. Eriti üksikasjaliselt tuleb peatuda gaasitorbiku konstruktsioonil ja tähtsusel. Selleks on vaja demonstreerida gaasitorbikut ja tabeleid või skeeme, mis annavad kujutluse torbiku konstruktsioonist.

Kirjeldust esmaabi andmisest ründemürkide läbi kannatanule võib leida igast ründemürke käsitlevast populaarteaduslikust brošüürist [1].

Kogu vestlust peab punase niidina läbima mõte sellest, kui erakordselt tähtis on, et igal õpilasel oleks miinimum teadmisi gaasikaitse alalt, mida ta võib omandada Armee Abistamise Vabatahtliku Ühingu kooliringide tööst osa võttes.

Töövahendid. Gaasitorbik. Gaasitorbik läbilõikes (Armee Abistamise Vabatahtliku Ühingu õppevahend). Ründemürkide õppekomplekt. Plakatid õhu- ja gaasikaitse alalt. Tabel „Hingamiselundite ehitus".

---

[1] Badajev, Ründemürgid ja nendevastane kaitse. OHTH, Leningrad, 1936.

Melnikov, Kaitsevahendid ründemürkide vastu, 1932.

M. Semjonov, Gaasikaitse. Moskva, 1933.

„Ründemürgid", G. V. Jankovski toimetusel, 1933.

Klassiväline töö teema puhul „Hingamine".

Katsed virve-epiteeliga. Kui mingeil põhjustel pole tundides võimalik näidata katseid virve-epiteeliga, siis tuleb seda teha ringitöö korras. Katsete korraldamise kirjeldus on antud leheküljel 222.

Katsed loomade hingamisega. Noorte loodusteadlaste ringis võib teostada mitmesuguste loomade hingamise võrdlevat uurimist. Kuidas teostada vaatlusi konna, limukate ja putukate lihaste hingamise alal, on juhatatud leheküljel 238. Oleks huvitav sääraste loomade, nagu limukate või putukate hingamist uurides tähele panna, kuidas muutub nende hingamise intensiivsus mitmesuguseis temperatuuritingimustes. Selleks otstarbeks pannakse nõu, millesse on paigutatud loom, järgemööda sooja ja külma vette (või lumme)[1]. Hingamise intensiivsuse üle otsustatakse elavhõbeda tõusu järgi manomeetri harus ühe ja sellesama ajavahemiku, näiteks 5—10 minuti jooksul.

Katsed taimede hingamisega. Õpperingide töös on huvitav korraldada loomade ja taimede hingamise võrdlemist. Õpilased vahetavad tavaliselt taimede hingamise ära süsiniku assimilatsiooniprotsessiga. Seepärast oleks väga otstarbekohane lihtsate katsete abil neile näidata, et taimed hingavad samuti nagu loomadki. Seejuures tuleb tõestada, et hingavad taime kõik osad — õied, varred, lehed ja juured. Katsete korraldamise tehnika on sama, mis loomadegi hingamist uurides. Aparaati paigutatakse ainult loomade asemel järjestikku ükskõik missuguse taime õisi, lehti, varsi ja juuri. Võib samuti uurida idanenud seemnete, juurviljade, mugulviljade ja sibulate hingamist.

Roheliste taimede hingamise uurimisel tuleb nõu tumeda paberiga kinni katta, et süsiniku assimilatsiooniprotsess ei mõjutaks katse käiku.

Koehingamine. Peale nende katsete koehingamise kohta, mis on toodud leheküljel 242, võib ringis vaadelda süsihappegaasi eritamist konna südame ja sooltoru poolt. Katsete korraldamise tehnika on sama, mis konna lihastegi hingamise vaatlemisel. Prepa-

---

[1] Vette panemisel peab nõu välisõhuga ühenduses olema. Katset ei alustata mitte kohe pärast vette asetamist, vaid 3—5 minutit hiljem. Seda tehakse sellepärast, et õhu temperatuur nõus muutuks võrdseks vee temperatuuriga.

reeritud süda või soolestik riputatakse sobivaks lihvitud korgi klaaskonksule. Katsete korraldamisel tuleb jälgida seda, et katsealused koed või elundid ei puutuks kokku vedelikuga, mis neelab süsihappegaasi.

Töövahendid. 1—2 konna. Veregaaside aparaat. Suured anatoomilised käärid. Väikesed anatoomilised käärid. Skalpell. Pintsett. Prepareerimisnõel. Prepareerimisvann. Käterätik. Füsioloogiline lahus külmaverelistele. Kaalium- või naatriumhüdroksüüd (30—40%-line lahus), mida võib asendada lubja- või barüütvesi. Vaseliin. Värvitud petrooleum manomeetri jaoks. Niit.

Aparaatide monteerimine. Noorte loodusteadlaste ringi abiga võib monteerida aparaate, mis on vajalikud hingamiskatsete demonstreerimiseks — Donders'i aparaat, endatehtud spiromeeter, Müller'i sulgklapid, aparaat gaasivahetuse vaatlemiseks loomadel ja taimedel, aparaat koehingamise jälgimiseks jne. Aparaatide kirjeldus ja nende monteerimine on antud käesoleva peatüki vastavais osades.

XI. TOITUMINE.

Teema koht ja tähtsus.

Toitumise käsitlemisel on keskseiks küsimusteks: seede-elundite ehitus ja funktsioonid, toitainete põhirühmad, toitumise täiendavad tegurid (vitamiinid), seedeprotsessidest osavõtvad bioloogilised tegurid (fermendid), toitlusnormid ja toitumis-energeetika alused. Kava selle osa tundmaõppimise tulemusena peavad õpilased endile selgesti kujutlema, missugune tähtsus on toitumisel organismile ja mida mõistetakse seedimise, imendumise ja toitainete omastamise all.

Fermentide lõhustava toime ja imendumisprotsessiga tutvumisel omandavad õpilased füsioloogiliste protsesside keerukusest õige käsituse. Näited neist protsessidest annavad võimaluse küllaldase veenvusega tõestada, kui alusetud on püüded kõrvutada füsioloogiliste protsesside seaduspärasusi füüsika ja keemia seaduspärasustega.

Säärastel küsimustel, nagu toiduainete toiteväärtus ja toitlusnormid, on suur praktiline tähtsus. Nendega tutvumist tuleb elustada tegeliku elu näidetega.

Mida õpilased peavad omandama. *1. Teadmised anatoomia alalt.* Seede-elundite ehitus: suuõõs, neel, söögitoru, magu, sooled (kaksteistsõrmik-, peen- ja jämesool) ja seedenäärmed — sülje-, maoja soolenäärmed, maks ja kõhunääre. Hambad — lõikehambad, silmahambad, ees- ja taga-purihambad; hamba ehitus; keel. Sülje-

näärmed (kõrvaalused, lõuaalused ja keelealused süljenäärmed). Limaskesta ja suuõõne näärmed.

Söögitoru ja selle ehitus (limaskest, lihaskiht).

Magu. Mao limaskesta näärmed. Maoseina ehitus (limaskest, lihaskihid, sidekude). Ringlihased maolävisel ja üleminekul sooleks (maolukuti).

Peensool. Kaksteistsõrmiksool. Keskmed. Peensoole limaskesta näärmed. Peensoole seina ehitus (limaskest, lihaskiht, näärmeepiteel). Hatud. Hattude ehitus (epiteel, vere- ja lümfisooned). Maks (sapipõis ja maksajuha). Värativeen. Kõhunääre.

Jämesool. Pimesool. Pimesoole ussjätke. Jämesoole seina ehitus.

Süljenõristuskeskus. Keele närvilõpmed.

2. Teadmised füsioloogia alalt. Toidu nihutamine suuõõnest neelusse ja sealt edasi söögitorru. Keele ja suuõõne lihaste ülesanne toidu edasiviimisel. Toidu liikumine söögitorus. Söögitoru seinte kokkutõmmete osatähtsus toidu edasinihutamisel. Maolävise ringlihased ja nende ülesanne. Maoseinte lainetaolised kokkutõmbed ja nende toime. Toitkördi saabumine maost soolde. Soolte peristaltilised liigutused (peristaltika) ja nende tähtsus toidu nihutamisel mööda sooltoru.

Sekretsioon. Näärmerakkude mikroskoopilise ehituse muutumine näärme tegevuse puhul. Sekretsioon — füsioloogiline protsess.

Seedefermendid. Fermendid — organismis toimuvate keemiliste reaktsioonide käigu kiirendajad. Fermentide spetsiifilisus. Fermentide toime sõltuvus temperatuurist (temperatuuri optimum, maksimum ja miinimum). Fermentide toime sõltuvus keemilisest keskkonnast.

Ptüaliin ja selle toime. Pepsiin ja selle toime. Trüpsiin — diastaatiline, rasvu lõhustav ferment.

Sapp ja selle ülesanne seedeprotsessis.

Mitmesuguste suuõõnde võetud ainete osatähtsus sülje nõristumisel. Sülje nõristumise sõltuvus nägemis-, haistmis- ja kuulmisnärvide erutusest. Kõhu- ja maonäärmete vahetu erutamine ainete poolt, mis verega näärmeisse tulevad (humoraalne regulatsioon). Seedenäärmete uurimise meetodid. Akadeemik Pavlov'i tööd.

Imendumine — keerukas füsioloogiline protsess. Imendumisel seedekulgla epiteelis toimuvad muutused. Rasvade sünteesimine imendumisel hattude epiteelirakkudes. Amiinhapete, viinamarjasuhkru ja rasvade imendumine. Vee imendumine.

Omastamine. Imendunud ainete saatus. Toitlusnormid. Toitainete kalorsus. Energiakulu raske füüsilise töö puhul ja puhkuseseisundis. Ööpäevane toidunorm (selle valkude-, rasvade- ja süsivesikute-sisaldus).

Vitamiinid — toitumise täiendavad tegurid. Rasvades lahustuvad vitamiinid — A, D, E — ja vees lahustuvad vitamiinid — B, C. Ained, mis sisaldavad vitamiine A, D, E, B, C. Avitaminoosid — beribeeri, skorbuut, rahhiit.

3. Teadmised keemia alalt. Kujutlus põhitoitaineist: valkudest, süsivesikuist ja rasvadest. Valkude, süsivesikute ja rasvade koostisse kuuluvad elemendid. Mineraalsoolad. Vesi.

4. Teadmised füüsika alalt. Difusioon. Osmoos. Filtratsioon. Kalor (suur ja väike).

Teema läbivõtmise plaan. Teema materjali võib käsitella järgmises järjekorras. 1. Toitumise tähtsus. 2. Seede-elundite ehitus. 3. Toitainete põhirühmad. 4. Seedefermendid ja nende toime seedekulgla eri osades. 5. Toitainete imendumine ja nende omastamine. 6. Toiduainete toiteväärtus. Toitlusnormid. Ühiskondlik toitlustamine.

Teema jaoks „Toitumine" on programmis määratud 10 tundi. Need võib jaotada umbes järgmiselt. Sissejuhatavaks vestluseks ja seede-elundite ehitusega tutvumiseks eraldatakse 2 tundi. Toitainete põhirühmade käsitlemine võtab samuti 2 tundi. Seedefermentidega ja seedenäärmete tööga tutvumisele kulub vähemalt 2 tundi. Imendumisele, toitainete omastamisele ja toitlusnormidele võib igaühele eraldada ühe tunni. Viimane tund määratakse õpilaste teadmiste kontrollimiseks kogu teema ulatuses.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmiseks.

1. Seede-elundite ehitus.

Toitumise tähtsus. Lühikeses sissejuhatavas vestluses peab õpetaja õpilasi tutvustama selle tähtsusega, mida toitumine omab inimese elus.

Tavaliselt kujutlevad õpilased endile toitumise all ainult toidu vastuvõtmist, söömist. Seepärast on sissejuhatava vestluse peaülesandeks viia õpilased õigele arusaamisele toitumisprotsessist. On vaja selgitada, et toitumise tähtsus seisab mitte ainult toiduainete vastuvõtmises ja seedimises, vaid ka organismi (või selle osade: kudede, rakkude) kui terviku varustamises materjaliga, mille arvel toimub: esiteks kulutatud ainete taastumine rakkudes ja kudedes; teiseks uute kudede moodustumine (kasv ja regeneratsioon); kolmandaks varuainete salvestumine (näiteks rasvade salvestumine rasvkoes, glükogeeni salvestumine maksas). Ühtlasi on toiduained energia allikaks kõigile organismis toimuvaile protsessidele.

Selle vestluse aluseks võetakse stabiilse õpiku materjal, mis on antud peatüki „Toitumine" sissejuhatavas paragrahvis.

Seede-elundite asetus. Kõigepealt tuleb õpilastel omandada kujutlus seede-elundite üldasetusest ja ehitusest, alates suuõõnest ja lõpetades pärakuga. See töö toimub vestluse ja laboratoorse töö kujul.

Kasutades torsot või tabelit, tutvustab õpetaja õpilasi enne inimese seede-elundite üldasetusega ja näitab siis teed, mida mööda toit kulgeb suuõõnest pärakuni. Seejuures nimetab ta üksteise järel seedekulgla osi ja näärmeid.

Seede-elundite demonstreerimine lahatud looma juures. Ei tule piirduda seede-elundite asetuse näitamisega ainuüksi torsol või tabelil. Õpilased peavad konkreetse kujutluse saama nende elundite üldasetusest ka lahatud loomal (kassil, küülikul).

Imetaja looma lahkamist teostavad õpilased IX klassis, seepärast ei tarvitse seede-elundite ehitusega tutvumisel looma lahkamist klassis toimetada. Seda võib teha enne tundi aktivisti-laborandi abiga.

Et demonstreerida söögitoru asetust, lahatakse loomal mitte ainult kõhuõõs, vaid kõrvaldatakse ka rindkere esimik. Diafragmat ei tule purustada.

Lahatud looma vaatlused peavad õpilastele andma kujutluse seede-elundite asetusest rindkereõõnes (söögitoru) ja kõhuõõnes (magu, sooled, maks, kõhunääre).

Seede-elundite tundmaõppimisel ei tohi piirduda konna lahkamisega. Konna seede-elunditel on raske näidata mao ja peensoole sisepinna ehitust, samuti vaadelda sfinktereid. Kui aga ei õnnestu lahkamismomendiks saada suuremat looma (kassi, küülikut), siis tuleb osade üldasetust tundma õppida konna abil ja mao ning soolte ehituse üksikasju vaadelda mõne kodulooma (sea, küüliku) aegsasti hangitud mao ja soolte juures.

Hinnatav objekt lahkamiseks on kass. Kui teda surmata vähe aega enne demonstreerimist, siis võib sageli näha veel südame tuikeid ja soolte peristaltikat. Küülikul ei õnnestu alati soolte peristaltikat jälgida. Soojas füsioloogilises lahuses niisutatud lapi või vati asetamine kõhuõõne elundeile soodustab kestvamat peristaltikat.

Kõrvutades lahatud looma ja inimese seede-elundite asetust (torso või tabeli järgi), laseb õpetaja õpilasi jõuda järeldusele nende elundite asetuse sarnasuse suhtes inimesel ja imetajal loomal.

Pärast tutvumist seede-elundite üldasetusega siirdutakse nende elundite ehituse käsitlemisele. Õpilastele tuleb võimalus anda seedekulgla kõiki osi tähelepanelikult vaadelda. Esmalt näidatakse neile lahatud looma prepareeritud seedekulglat tervikuna ja alles siis siirdutakse üksikute elundite üksikasjalisemale tundmaõppimisele väljajagamiseks määratud materjali abil.

Mingi looma, näiteks küüliku seedekulgla prepareerimist toimetatakse klassis. See töö usaldatakse enne ettevalmistatud õpilaste-laborantide kätte. Soolte prepareeri-

mist on otstarbekohane alustada söögitorust (toidu liikumise järjekorras). Söögitoru leidmiseks pistetakse suuõõnde väike (30 cm pikkune) klaas- või puupulk, mis surutakse ettevaatlikult söögitorusse. Sissepistetud pulga ots rõhub vastu söögitoru seina ja venitab seda. Pulka on kerge läbi söögitoru pehmet seina kobades ära tunda. Leidnud nii söögitoru, seotakse see kinni ja lõigatakse siis ülaltpoolt kinnisidumiskohta läbi. Hoides söögitoru äralõigatud otsast kinni, võib alustada seedekulgla prepareerimist.

Prepareerimisel juhib õpetaja õpilaste tähelepanu reale tähtsatele üksikasjadele. Kõigepealt näidatakse söögitoru asetust: kaelas asetseb ta kõri ja trahhea taga; rindkereõõnes kulgeb ta piki selgroogu, rindkereõõne tagumist seina mööda alla. Söögitoru läbib diafragma ja läheb kõhuõõnes vahetult üle maoks. Et õpilased võiksid selles veenduda, lastakse laborandil söögitorru pista sellise pikkusega klaastoru või -pulk, mis läbides söögitoru ulatuks mao seinani. Pulga otsa, mis toetub vastu mao seina, on kobades kerge leida. Söögitoru ja mao edasisel prepareerimisel ei tule diafragmat läbi lõigata. Parem on teda tervena eraldada, lõigates ta ümberringi kinnistuskoha ligidalt lahti [1]. Prepareeritud diafragma ripub söögitoru peal.

Siirdudes soolte prepareerimisele peatub õpetaja kõigepealt kaksteistsõrmiksoolel, millesse suubuvad maksa ja kõhunäärme juhad. Tavaliselt ei leia õpilased viimast otsekohe. Osa kõhunääret asetseb kaksteistsõrmiksoole käärus. Tema väikesed sagarikud meenutavad rasvakogumikke. Et sagarikke vaadelda, tuleb kaksteistsõrmiksoole silmus ettevaatlikult laiali tõmmata. Säilitades kaks-

[1] Oma servadega kinnistub diafragma rinnaku mõõkjätke tagumisele pinnale, rindkere alumisele äärele ja ülemiste nimmelülide kehade külge.

teistsõrmiku silmuse, prepareeritakse ta ühes maksa ja kõhunäärmega välja. Maksa demonstreerides tähendatakse, et see on kõige suurem seedenääre. Edasi juhitakse tähelepanu tema sagarikulisele ehitusele, sapipõiele ja juhale, mida mööda sapp kandub kaksteistsõrmiksoolde.

Enne soolte väljavõtmist tuleb õpilastele näidata, et kogu peensool (kaksteistsõrmiksool maha arvatud) ripub keskmete küljes. Keskmed on hästi näha, kui üks peensoole silmus üles tõsta. Kui läbipaistvaid keskmeid kergelt venitades vastu valgust hoida, siis võib neil hästi täheldada harunevaid vere- ja lümfisooni. Neile tulebki õpilaste tähelepanu juhtida.

Et peensoolt mitte puruks rebida, tuleb teda keskmeist väga ettevaatlikult eraldada. Pärast seda demonstreeritakse õpilastele soole piirkonda peensoole ülemineku kohal jämesooleks. Juhitakse tähelepanu pimesoolele ussjätkega. Võrreldes jäme- ja peensoolt peavad õpilased kindlaks määrama nende pikkuse, jämeduse ja seinte iseloomu erinevused.

Enne pärasoole eraldamist seotakse ta esiteks päraku lähedalt kinni ja lõigatakse siis altpoolt kinniseotud osa läbi.

Prepareeritud sooltoru tõmbavad laborandid pingule ja mõõdavad siis üksteise järel tema osad. Mõõdetakse samuti ka küüliku enda pikkus pea tipust pärakuni. Tehakse kindlaks, mitu korda küüliku soolte pikkus ületab tema kere pikkuse [1]. Huvitav on saadud andmeid kõrvutada inimese seedekulgla üksikute elundite mõõtandmetega. Mõningad andmed sellisest kõrvutamisest leiame järgnevast tabelist.

[1] Küüliku seedekulgla on 9—11 korda pikem tema kehast.

Inimese seede-elundite eri osade mõõtmed [1].

Seedekulgla osade nimetused	Pikkus	Märkus
Seedekulgla üldpikkus	8—10 m	
Söögitoru	23—25 cm	
Kulgla üldpikkus eeshammastest maoni	40—42 „	
Magu	20—25 „	Keskmise pinguletõmbamise puhul
Kaksteistsõrmiksool	25—30 „	
Peensool	umbes 7 m	
Pimesool	6 cm	
Ussjätke	8 „	
Jämesool	1,5—2 m	

Niisuguse kõrvutamise tulemusena on õpetajal kasutada materjal vestluseks selle üle, missugune seos on looma soolte pikkuse ja toidu iseloomu vahel, millega ta toitub. Täienduseks võib käsitella ka joonist 49, mis on toodud stabiilses õpikus.

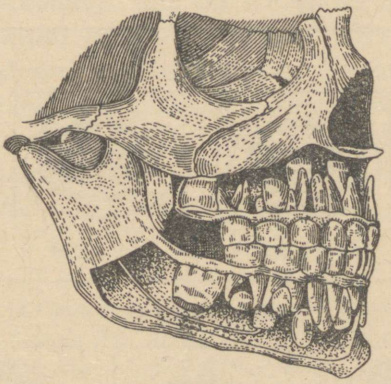
Töövahendid. Küülik või kass (hädakorral konn). Inimese pimesoole märg- või õhikpreparaat. Suured anatoomilised käärid. Väikesed anatoomilised käärid. Kumera teraga skalpell. 2—3 pintsetti. Kaks prepareerimisnõela. Prepareerimislaud. Kausike veega. 1—2 akvaariumanumat prepareeritud materjali jaoks. Pudel kloroformimiseks (juhuks, kui küülik surmatakse kloroformi abil). 1—2 puu- või klaaspulka. Sentimeeterpael või koolijoonlaud. Peen nöör. Käterätik. Hügroskoopiline vatt. Kloroform. Inimese torso. Tabel „Seede-elundid".

Hambad. Õpilaste tutvustamiseks hammaste ehitusega on vajalik peale vastava tabeli ka hammaste mudelite komplekt. Väga soovitav on samuti omada tervete loomulikkude hammaste komplekti ja nende saetisi. Selle kättejagatava materjali põhjal uurivad õpilased hamba välist ja sisemist ehitust (kroon, kael, juur).

---

[1] Tabel on koostatud andmete järgi, mis on võetud N. K. Lõssenkov'i ja V. I. Buškovitš'i raamatust „Inimese normaalne anatoomia".

Sageli võib tähele panna, et õpilased, kuigi tutvunud hammaste nimetustega, ei oska endal alati näidata, kus neil asetsevad lõikehambad, silmahambad ja purihambad, ega tea ka täpselt, kui palju hambaid neil suus on. Seepärast peab hammastega tutvumise tunnist eraldama 3—5 minutit, mille jooksul lastakse õpilastel, kasutades stabiilse õpiku joonist 45, üksteisel leida lõikehambad, silmahambad ja purihambad ning loendada nende arv.



Joon. 70. Hambavahetus.

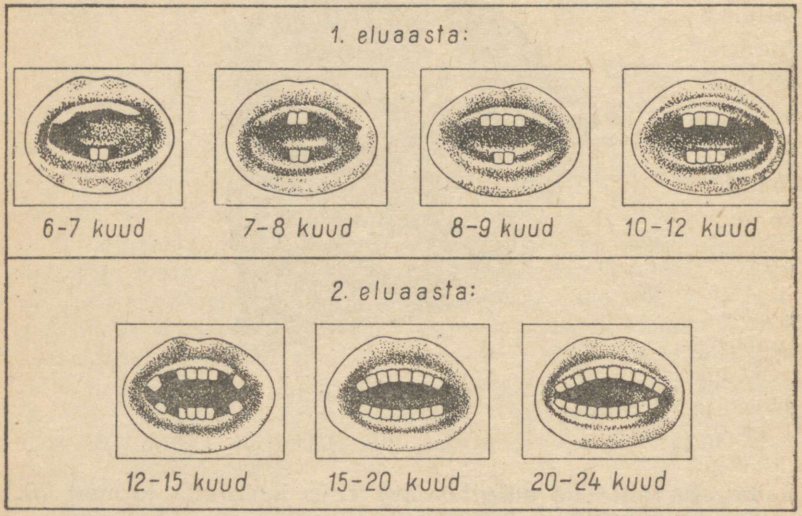
Hambavahetuse selgitamisel võib kasutada joonist 70. Sellel on näha jäävhammaste alged ja on näidatud ka nende asetus piimahammastega võrreldes.

Koduse ülesandena lastakse õpilastel loendada mitmes vanuses laste ja täiskasvanute hambaid. Selle ülesande võib õpilastele anda ka enne hammaste ehitusega tutvumist. Nende kogutud andmed on klassis vestluse materjaliks. Selles vestluses võib õpetaja, tehes kokkuvõtteid õpilaste tähelepanekuist piimahammaste tuleku ja asendumise kohta jäävhammastega mitmesuguse vanusega lastel, täiendmaterjalina ära kasutada järgnevalt toodud andmed piimahammaste tuleku ja nende vahetuse kohta jäävhammastega.

Piimahambaid tuleb esimesest teise eluaastani arvuliselt 20 (joon. 71). Need ilmuvad järgmises järjekorras:

6— 8 kuuni — alumised lõikehambad, hiljem ülemised;
11—15 „ — esimesed ees-purihambad;
15—18 „ — silmahambad;
20—24 „ — järgmised ees-purihambad.

Jäävhammastest ilmuvad kõigepealt esimesed taga-purihambad. Alates seitsmendast-kaheksandast eluaastast tulevad teised hambad. Viimastena (sageli 30-ndaiks eluaastaiks) tulevad kolmandad taga-purihambad („tarkusehambad"). Need võivad mitte täiel arvul tulla või isegi hoopis tulemata jääda.



Joon. 71. Piimahammaste tulek.

Töövahendid. Inimese hammaste komplekt (lõikehammas, silmahammas, ees- ja taga-purihammas, hamba saetis). Inimese hammaste mudelite komplekt. Tabel „Hamba ehitus".

Töö väljajagatud materjaliga. Üksikasjalisemaks mao, peensoole ja maksa ehitusega tutvumiseks jaotatakse õpilastele pinkide kohta mõnede imetajate loomade (küüli-

kute, kasside, sigade) lahatud maod (või pooled maod), peensoole lõigud, maksad ja samuti luubid. Väljajagamismaterjal antakse laudadele prepareerimisvannides või taldrikuil.

Vaadeldes lahatud magu peavad õpilased maolävise juures leidma ringlihase ehk sfinkteri ja voldid, mida limaskest moodustab mao sisepinnal. Luubi abil otsitakse üles väikesed näärmeaugud. Välimuselt meenutavad need nööpnõelatorgete jälgi. Näärmed asetsevad suurel hulgal mao selles piirkonnas, mis on söögitoru ligidal. Erilise tähelepanuga tuleb uurida peensoole sisepinda. Sellel (parem luubi abiga) leiavad õpilased peeni, umbes 1 mm kõrgusi moodustisi — hattusid. Need on veel märgatavamad, kui peensoole lõike alustassil või katseklaasis vees hoida. Hattude tõttu suureneb peensoole limaskesta pindala tunduvalt. Inimesel ulatub see 4—5 m^2-ni. Peensoole limaskesta pindala on 2—3 korda suurem keha välispindalast.

Töövahendid. Lahatud maod. Peensoole lõigud. Maks. (Kogu seda väljajagamis-materjali arvestatakse komplekt laua kohta.) Luubid (arvestusega üks luup kahe õpilase kohta). Prepareerimisvannid või taldrikud (rühmade arvu järgi). Alustassid või katseklaasid (10—15 tükki). Käterätik.

Väljajagamis-materjali ettevalmistamine. Kui õppetöö jaoks ei ole võimalik saada värskeid magusid, siis tuleb need aegsasti muretseda ja vastavalt ette valmistada. Tavaliselt võetakse sea maod. Söögitoru ja magu lõigatakse kääridega pikuti lõhki, pestakse toidujääkidest ja limast puhtaks ning konservitakse formaliinis või 70%-lises piirituses (võib olla ka denaturaat). Täienduseks lõhkilõigatud magudele oleks soovitav õppetöö jaoks valmistada kas või üks preparaat tervest maost söögitoru ja peensoole lõiguga. Enne konservimist pestakse magu puhtaks, kallates vett läbi söögitoru. Kui magu on pestud, seotakse peensoole ots kinni, preparaat täidetakse söögitoru kaudu formaliinilahusega ja seotakse ülalt kinni. Siis pannakse preparaat formaliiniga täidetud nõusse ja säilitatakse kuni õppetööni. Formaliini mõjul mao koed tihenevad ja võtavad neile antud kuju.

Sarnaselt maoga peab ka peen- ja jämesoole lõigud hästi puhtaks pesema ja nad siis, pärast formaliinilahusega täitmist, formaliinipudelisse asetama. 1—2 päeva pärast lõigatakse tihenenud sooled 8—10 cm pikkusteks tükkideks ja pannakse pudelisse. Huvitav on valmistada peensoole preparaate tema liitumise kohalt jämesoolega, kus asetseb pimesool.

Maksa võib võtta küülikult, kassilt, sealt või teistelt väikestelt imetajatelt. Konservimisel peab maksale alles jätma sapipõie ühes juhaga. Kõhunääre võetakse lammastelt, sigadelt või suurtelt sarvloomadelt. Nääre lõigatakse välja koos kaksteistsõrmiksoole osaga.

1—2 päeva enne tunnis kasutamist tuleb formaliinis konserveeritud väljajagamis-materjali sageli vahetatavas vees leotada.

Tööpahendid. Sea maod. Peen- ja jämesoole lõigud. Maks. Kõhunääre. Suured anatoomilised käärid. Sidumisnöör. Pudelid korkidega. Formaliin või 70%-line piiritus (võib olla ka denaturaat).

Hattude, peensoole ristilõigu ja näärme-epiteeli demonstreerimine mikroskoobi all. Õpilastele tuleb mikroskoobi all väikesel suurendusel näidata peensoole sisepinna preparaati. Sellisel preparaadil näevad õpilased mitte ainult hattusid, vaid ka peensoole seintes asetsevate näärmete väljumiskohti.

Preparaat valmistatakse järgmiselt. Veega hästi puhtaks pestud peensoolest lõigatakse välja väike tükike (8—10 mm^2). Nõelaga eraldatakse ettevaatlikult limaskest. See pannakse esemeklaasile, hattudega ülespoole. Vaadelda võib ka ilma katteklaasita 35—70-kordsel suurendusel.

Et aru saada toidu edasiliikumise protsessist mööda seedekulglat, peavad õpilased saama kujutluse lihaskihtidest, mis asetsevad seede-elundite mitmesuguste osade seintes. Üksikasjalisel tutvumisel mao, söögitoru ja peensoole ehitusega nägid õpilased juba nende seintes lihaseid. Täiendavalt tuleb neile mikroskoobi all näidata soole (või mao) ristilõiku.

Niisugusel preparaadil õpilased näevad, et seedekulgla neis piirkondades leiduvad silelihaskiudude

kihid. Seejuures ei ole erilist vajadust õpilaste tähelepanu juhtida lihaskihtide hulgale.

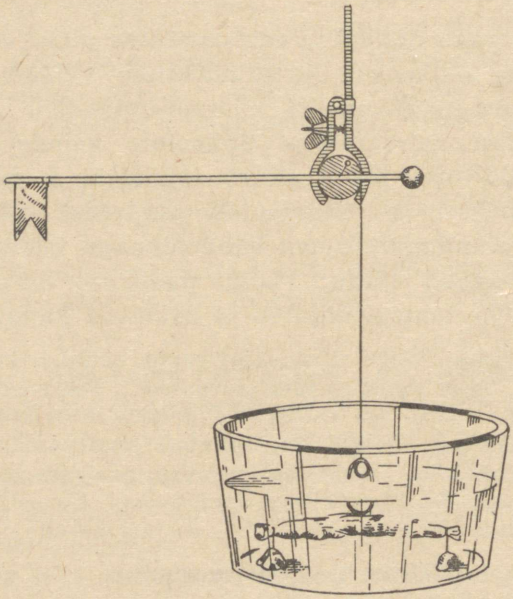
Sel preparaadil võib samuti näidata epiteeli, mis katab soolte sisepinda, veresoonte lõikepinda ja soolte seintes asetsevaid näärmeid.

Ühtlasi peab õpilasi tutvustama mitte ainult suurte seedenäärmete — maksa ja kõhunäärme välimusega, vaid andma neile kujutluse ka näärme-epiteelist. Selle eesmärgiga demonstreeritakse õpilastele valmis (saadakse õppevahendite-kauplustest) või endatehtud mikropreparaati kõhunäärmest. Endatehtud preparaat valmistatakse värskeist elundeist. Terava habemenoaga tehakse võimalikult õhukesed lõigud. Lõik pannakse esemeklaasile füsioloogilise lahuse tilgasse ja kaetakse katteklaasiga.

Töövahendid. Väike lõik äsjatapetud küüliku, kassi või sea peensoolest. Soole ristilõigu mikropreparaat. Näärme-epiteeli mikropreparaat — püsi- või endatehtud preparaat (mikropreparaadid mikroskoopide arvu järgi). Mikroskoobid. Osutiga okulaarid. Väikesed anatoomilised käärid. Habemenuga. Skalpell. Pintsett. Kaks prepareerimisnõela. Pipett. Prepareerimisvann. Eseme- ja katteklaasid. Käterätik. Füsioloogiline lahus soojaverelistele.

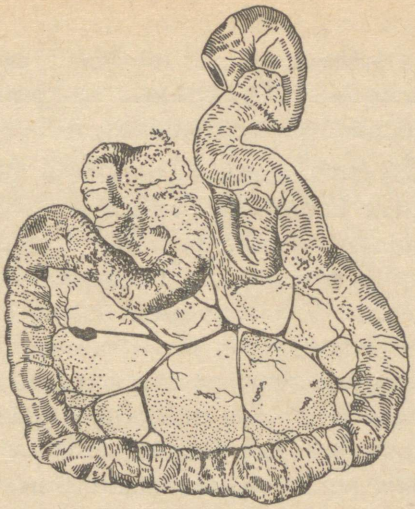
Soolte peristaltika demonstreerimine. On väga soovitav õpilastele demonstreerida soolte peristaltikat. Seda tehakse lihtsa seadeldise abil, mis koosneb madalast klaasnõust (hapupiimakausist) ja õlgkangist (joon. 72). Nõusse kallatakse soojaverelistele määratud füsioloogilist lahust. Lahus küllastatakse hapnikuga temast värske õhu läbipuhumise teel. Lahusesse pannakse äsjatapetud küüliku või kassi peensoole lõik. Lõigu pikkus on 8—10 cm. Soole otsad seotakse enne niidiga kinni. Et sool lahuse pinnale ei kerkiks, seotakse tema otstesse kivikesed. Kang kinnistatakse statiivile. Serfiini abil, mis seotakse kangi niidi otsa, hoitakse soolelõiku kinni. Kangi kõikumise järgi jälgitakse soolelõigu peristaltilisi liigutusi.

Töövahendid. Äsjatapetud küüliku või kassi peensoole lõik. Kang. Suured anatoomilised käärid. Pintsett. Prepareerimislaud. Statiiv. Kaanega purk kassi uinutamiseks. Kaks väikest kivikest. Serfiin. Peen nöör. Niit. Vatt. Kloroform. Füsioloogiline lahus soojaverelistele. Käterätik.

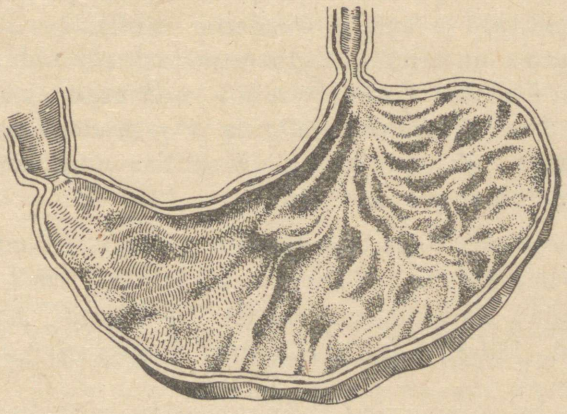


Joon. 72. Seadeldis soolelõigu peristaltika vaatlemiseks.

Vihikuisse joonistamine. Seedekulgla ehituse üksikute detailide kinnistamiseks võib õpilastele ülesandeks teha vihikuisse joonistada peensoole silmus keskmetega (joon. 73), peensoole sisepinna ehitus, sooleseina ehitus, näärmelise epiteeli ehitus ja mao läbilõik (joon. 74). Viimasele joonisele märgivad õpilased söögitoru lõpu, tema lähedal oleva mao-osa, mao põhja, kaksteistsõrmiksoole alguse, tema lähedal oleva mao-osa — mao pülooruse piirkonna ja sfinkteri (maolukuti).



Joon. 73. Peensoole silmus keskmetega.



Joon. 74. Mao läbilõik.

2. Toitainete põhirühmad.

Toitained ja toiduained. Siirdudes toitainete põhirühmadega tutvumisele tuleb õpetajal kõigepealt selgitada termineid „toitained" ja „toiduained".

Õpilased peavad teadma, et toitainete hulka kuuluvad teatava keemilise koostisega ained — valgud, rasvad, süsivesikud, mineraalsoolad ja vesi. Toitumise täiendavaiks tegureiks on vitamiinid. Toitaineid sisaldub suuremas või vähemas koguses igas toiduaines. Viimaste hulka kuuluvad ained, mida tarvitame toiduks, näiteks liha, munad, leib, köögivili, puuvili jne. Illustreerimiseks võib mõne taimse ja loomse päritoluga toiduaine koostise kohta tuua andmeid, mis leiduvad õpiku lehekülgedel 113 ja 114. Neist andmeist tuleb enne tundi tabelid koostada.

Valkude, rasvade ja süsivesikute keemiline koostis peab õpilastele X klassi esimesest teemast „Rakk ja koed" teada olema. Seepärast siirdub õpetaja, olles meelde tuletanud süsivesikute, valkude ja rasvade koostisse kuuluvaid keemilisi elemente, õpilaste tutvustamisele nende ainete põhiomaduste ja reaktsioonidega, mille abil nende ainete sisaldust toiduaineis saab avastada.

Katsed süsivesikute, valkude ja rasvade omadustega tutvumiseks. Katsed korraldatakse kas demonstratsiooni või laboratoorsete tööde näol [1].

Süsivesikud. 1. Katsed, mis selgitavad tärklise omadusi. a) Tärklis ei lahustu vees (tärklise loksutamine katseklaasis veega). b) Tärklis moodustab keemisel kliistri (piirituslambil soojendamine kliistri

[1] Laiemas ulatuses võib neid katseid korraldada ringide töö korras (lk. 290).

saamiseks). 2. Tärklise avastamise reaktsioon. Tärklis muutub joodi mõjul siniseks (katseklaasi tärklisekliistriga lisatakse tilk joodilahust). 3. Viinamarjasuhkru avastamise reaktsioon. Suhkrulahusele lisatakse 3—5 tilka Fehling'i lahust (vt. allpool) ja soojendatakse keemiseni. Suhkrusisalduse puhul tekib punakasoranž vasesadestis. Fehling'i lahuse asemel võib kasutada Trommer'i proovi.

Valgud. 1. Katsed, mis selgitavad valgu omadusi. a) Veega segiloksutatud munavalge on kolloidses olekus (katseklaasis väikese koguse munavalge loksutamine veega). b) Munavalge kalgendub keetmisel (soojendamine piirituslambil). 2. Valgu avastamise reaktsioon. Katseklaasi valgulahusega kallatakse 10%-list naatriumhüdroksüüdi-lahust (arvestades $^2/_3$ valku ja $^1/_3$ naatriumhüdroksüüdi), lisatakse 1—2 tilka 1%-list vasevitriolilahust. Valgulahus värvub violetseks (biureetreaktsioon).

Rasvad. Katsed, mis selgitavad rasvade omadusi. a) Rasv ei lahustu vees (katseklaasis väikese koguse taimse rasva loksutamine veega). b) Rasv moodustab 25%-lise süsihappeleelise-lahusega emulsiooni. Katseklaasi taimevõiga lisatakse süsihappeleelist ja loksutatakse; saadakse valge värvusega vedelik, mis sisaldab pisimaid rasvatilku heljuvas olekus ning meenutab piima — emulsiooni.

Vahendid süsivesikute, valkude ja rasvade omaduste tundmaõppimise katsete jaoks. Fehling'i vedelik koosneb kahest lahusest. Esimene lahus valmistatakse 6,9 g vasevitriolist, mis on lahustatud 100 cm^3 vees, teine — 14 g kaaliumhüdroksüüdist ja 34,6 g Seignette'i soolast, mis samuti on lahustatud 100 cm^3 vees. Mõlemaid lahuseid tuleb säilitada eri pudeleis, sest segatult riknevad nad kiiresti. Kui glükoosilahusele (viinamarjasuhkrule) lisada kumbagi lahust 2 cm^3 ja seda keemiseni soojendada, siis saab glü-

koosisisaldust lahuses kindlaks määrata oranži või punase sadestise — vaseshapendi järgi. Tavalisesse peedisuhkrusse Fehling'i vedelik ei toimi.

Trommer'i proov. Viinamarjasuhkru-sisalduse kindlakstegemiseks rakendatakse Fehling'i vedeliku kõrvale ka Trommer'i proovi. Selleks lisatakse uuritavale lahusele esmalt umbes ½ kogust 10%-lisest naatriumhüdroksüüdi-lahusest ja siis tilgaviisi kuni selge sinise värvuse tekkimiseni 1%-list vasevitriolilahust ja keedetakse. Viinamarjasuhkru-sisalduse puhul muutub lahuse värvus: vaskhüdroksüüdi sinine värvus muutub vaseshüdroksüüdi kollaseks värvuseks.

Töövahendid (arvestades katsete korraldamist demonstreerimise teel). Piirituslamp. Katseklaaside hoidja. 6—10 katseklaasi. Statiiv katseklaaside jaoks. Tärklis. Glükoos. Kanamuna. Taimerasv (päevalille). Nõrk joodilahus. Fehling'i vedelik. 10%-line naatriumhüdroksüüdi-lahus. 1%-line vasevitriolilahus. Vesi (parem destilleeritud). Käterätik. Tuletikud.

Vesi. Teema puhul „Seedimine" peab olema väärikas koht pühendatud küsimusele, millist osa etendab vesi inimorganismis toimuvais eluprotsessides. Siin ei ole aga võimalik vee osa täielikult käsitella. Selgitades vee tähtsust organismile, tuleb õpetajal esialgu piirduda selle meenutamisega, mida õpilased on õppinud kursuse varem läbivõetud teemade puhul („Rakk ja koed" ja „Vereringe"). Edaspidi, seedefermentide toime ja imendumisega tutvudes, avarduvad õpilaste kujutlused vee tähtsusest. Neile rõhutatakse esiteks, et kõik rasvade, valkude ja süsivesikute lõhustumisprotsessid toimuvad vee osavõtul; teiseks, et toitainete pääs organismi rakkudesse ja kudedesse ning tarbetute ainete eemaldumine sealt teostuvad ainuüksi vesilahuste näol. Et anda õpilastele kujutlust veesisaldusest meie organismi mitmesuguseis elundeis ja kudedes, võib tuua mõningad siin esitatud andmeist.

Veesisaldus meie keha mitmesuguseis elundeis ja kudedes (protsentides).

Hambaemail	— 0,2	Seljaaju	— 70
Hambad	— 10	Lihased	— 76
Luud	— 22	Süda	— 79
Rasvkude	— 50	Neerud	— 85
Maks	— 70	Aju hallollus	— 86

Sellest tabelist nähtub, et kõige intensiivsemalt töötavad elundid on veerikkamad. Tekitamata energiat, on vesi organismi ainevahetuses ometigi paratamatult tarvilikuks tingimuseks.

Mineraalsoolad. Märkides mineraalainete tähtsust, peab kõigepealt tähelepanu juhtima sellele, et need, samuti nagu vesi, pole organismi energiaallikaks. Õpilastele on teemast „Rakk ja koed" teada, et mineraalaineist sisaldab inimese organism mitmesuguste ühendite näol naatriumi, kaaliumi, magneesiumi, kaltsiumi, rauda, fosforit, kloori, väävlit ja veel muud.

Neid teadmisi oleks huvitav täiendada mõnede arvudega eri elementide protsendilisest vahekorrast inimese kehas. Vastava andmetematerjali leiab õpetaja alltoodud tabelist.

Inimese keha mineraalne koostis [1].

	Ca	P	K	S	Na	Cl	Mg	Fe	I
Sisalduse protsent inimese organismis	1,5	1,0	0,35	0,25	0,15	0,15	0,05	0,004	0,00004
70 kg kehakaalu kohta (kg-des) .	1,05	0,7	0,245	0,175	0,105	0,105	0,035	0,0028	0,00003

[1] B. A. Lavrov, Toitumisfüsioloogia õpik. Riiklik Bioloogilis-Meditsiiniline Kirjastus, 1935.

Selliseid elemente, nagu Si, F, Br, Mn, Cu, As, Al, leidub inimese kehas väga tähtsusetuis kogustes või ainult jälgede näol.

Mineraalsoolade-sisaldus ei ole inimese keha eri elundeis ühesugune. Kõige rikkamad mineraalainete poolest on luud, mille koostisse kuulub suurel hulgal kaltsiumi, fosforit, magneesiumi, naatriumi jm. Teistes kudedes võib täheldada suurt kaaliumisisaldust ja kaltsiumivaesust. Peale selle, et mineraalained on mitmesuguste kudede hädatarvilikuks koostusosaks, on neil ka teine tähtsus. Soolad neutraliseerivad ainevahetusprotsessis alatasa tekkivate hapete kahjulikku toimet. Kaltsiumisoolad etendavad, nagu õpilastele teada, tähtsat osa vere hüübimisprotsessis jne.

Vitamiinid ja avitaminoosid. Vitamiinide küsimuse käsitlemisel ei ole vajadust laiendada õpikus toodud materjali. On ainult tarvis hoolitseda illustratiivse materjali eest — valmistada tabeleid, mis kujutavad mitmesuguste avitaminooside all kannatavaid haigeid, või muretseda vastav seeria diapositiive. Need õppeabinõud elustavad märgatavalt küsimuse käsitlemist. Nad kergendavad samuti arusaamist vitamiinide tohutust tähtsusest organismi suhtes. Teadmiste kinnistamiseks võib kaasa aidata lk. 271 toodud tabeli vihikuisse ülesmärkimine.

3. Seedefermendid ja nende omadused.

Seedefermentide tähtsus. Fermentide tutvumist on otstarbekohane alustada lühikese vestlusega, millega värskendatakse õpilaste teadmisi seede-elundite tähtsusest. Õpilastele tuleb meelde tuletada, et enamikul juhtudel ei saa organism toitaineid ära kasutada sel kujul, nagu need leiduvad toidus. Et organism toitaineid omastaks, peavad

Vitamiini nimetus	Tähtsus organismile	Haiguse nimetus	Avitaminoosi tunnused	Missuguseis aineis sisaldub	Püsivus
A	Kasvuvitamiin	Kseroftalmia. Kasvu seisak	Ilmneb silma sarvkesta kuivaks ja tuhmiks muutumine, toimub kopsu, kusepõie ja teiste elundite epiteeli sarvestumine. Kasv aeglustub	Kalamaksaõli, rõõsakoorevõi, piim, munakollane, maks, neerud, kalamari, porgand, tomat, spinat	Ei hävi keetmisel kuni 200°-ni (ilma hapnikuta). Kulinaarne töötlemine ei hävita
D	Tingib normaalset kasvu ja luude arenemist	Rahhiit	Luustik ei luustu, tekivad luukõverdused, kogu organism hakkab lõtvuma	Kalamaksaõli, munakollane	
E	Mõjub sigimisnähtustele	Vitamiini puudumine halvab loomade võimet anda järglasi		Kõrsvilja seemned, taimede rohelised osad, loomsed koed	Paistab silma oma püsivuse poolest temperat. suhtes
B	Antineuriitiline	Beribeeri	Haigestub närvisüsteem (närvikiud manduvad), ilmnevad krambid, halvatused ja suur jõuetus. Tekivad liigutuste häired	Pärm, munad, porgand, hernes, salat, kartul, rukis	
C	Antiskorbuutiline	Skorbuut	Igemete tursumine, hammaste logisemine ja väljakukkumine. Verevalumid liigeseis, nahas, lihaseis. Tekib kehvveresus, loidus, nõrkus	Rõõsk piim, värske aedvili (eriti tomatid), puuvili (apelsinid, sidrunid)	Hävib keetmisel kergesti

viimased keemiliselt muunduma. Toidu muundumine toimub seedemahlade mõjul, mis erituvad seedekulgla eri osades — suus, maos ja sooltes.

Seedemahlad sisaldavad erilisi aineid — fermente. Need on keerukad orgaanilised ühendid. Nende keemiline koostis ja ehitus on veel praegugi tundmata. Fermendid, toimides minimaalseis hulkades, kiirendavad väga suurel määral organismis toimuvate paljude keemiliste reaktsioonide kulgemist. Seejuures jääb fermentide hulk nende reaktsioonide tagajärjel muutumatuks. Fermente toodavad organismi näärmerakud. Täpsemaid teadmisi fermentide omadustest on otstarbekohasem õpilastele anda pärast seda, kui nad katsete korraldamise teel on tutvunud toidu muundumisega fermentide toimel.

Tutvumine fermentide ja nende omadustega annab laialdasi võimalusi demonstratsioonide ja laboratoorsete tööde korraldamiseks. Pedagoog võib ja peab ükskõik missuguseis koolitingimustes püüdma korraldada laboratoorseid töid seedekulgla fermentide toime tundmaõppimiseks. Miinimumina on tarvis igal õpilaslaual korraldada katse selle kohta, kuidas sülg toimib tärklisekliistrisse või keedetud kartulisse.

Maomahla toimet valkudesse võib näidata demonstreerimise teel. Samuti saab õpilastele demonstratsiooni korras näidata katseid, mis selgitavad: 1) fermentide toime sõltuvust temperatuurist: toime optimum kehatemperatuuril (vesivanni abil), toime kadumine madalal temperatuuril (lumi, jää), fermentide hävimine keetmisel; 2) fermentide toime sõltuvust keemilisest keskkonnast: ühed mõjuvad ainult happeses, teised leeliseses keskkonnas.

Laboratoorset tööd võib organiseerida mitut moodi: ühel juhul antakse õpilastele instruktsioonid, mis on koostatud katsete korraldamiseks järgnevalt toodud juhen-

dite alusel; teisel juhul teostatakse tööd frontaalselt õpetaja juhtimisel.

Õpilastele jagatavad katseklaasid tuleb nummerdada kas erilise pliiatsiga, millega saab klaasile kirjutada, või varustada nad etikettidega. Seda teevad enne tundi laborandid õpilaste aktiivist. Katseklaaside märgistamine soodustab töö täpset organiseerimist.

Katsed sülje toime selgitamiseks. Laboratoorne töö. Demonstratsioon. 1. Sülje toime tärklisekliistrisse[1]. Tärklisekliistrit sisaldavasse katseklaasi nr. 1 kallatakse 2—3 tilka joodilahust, mis loksutatakse segamini; tärkliselahus värvub siniseks. Siis lisatakse katseklaasi umbes 1 cm^3 sülge, loksutatakse ja pannakse statiivile. 10—15 minuti pärast kaotab lahus oma värvuse (tärklis lõhustus). Viinamarjasuhkru avastamise proov annab positiivse tulemuse.

Järeldus. Tärklis muundub sülje mõjul viinamarjasuhkruks.

2. Sülje toime tooresse tärklisesse. Katse katseklaasiga nr. 2 korraldatakse samuti nagu esimeselgi juhul, ainult et katseklaasi kallatakse tärklisekliistri asemel pisut vett ja lisatakse selle hulka näpuotsatäis toorest tärklist. 10—15 minuti pärast on sisaldis endiselt

[1] Tärklisekliister valmistatakse järgmiselt. Klaasi külma vee kohta pannakse supilusikatäis tärklist, mida segatakse hoolikalt, kuni saadakse piimvalge vedelik. Segu kallatakse peene nirena tulikuuma vette, mis enne väikeses kastrulis on keedetud. Kallates segatakse vedelikku. Kallamise jooksul muutub tärklisekliister ikka paksemaks ja paksemaks. Enne katseid lahjendatakse tärklisekliistrit veega. Teelusikatäiest tärklisest jätkub täielikult, et saada tärklisekliistrit kolme-nelja laboratoorse töö jaoks. Reaktiivina tärklisele kasutatakse joodilahust. Joodtinktuur sellisena, nagu teda apteekides müüakse, katsete jaoks ei kõlba, teda peab veega lahjendama. Selleks tilgutatakse joodtinktuuri tilkadena destilleeritud vette, kuni saadakse nõrga tee värvi vedelik.

sinine. Suhkru avastamise proov annab negatiivse tulemuse.

Järeldus. Sülg ei toimi tooresse tärklisesse.

3. Keedetud sülje toime tärklisesse[1]. Katseklaasi kogutakse sülge (umbes 1 cm^3), mis lahjendatakse pooleldi veega ja aetakse piirituslambil keema. Keemalastud süljesse kallatakse tärklisekliistrit ja tilk joodi. 10—15 minuti pärast on lahus ikka veel värviline. Suhkru avastamise proov annab negatiivse tulemuse.

Järeldus. Keedetud sülg ei toimi suhkrusse.

4. Hapu sülje toime tärklisesse. Katseklaasi kogutakse sülge ja lahjendatakse seda pooleldi veega. Proovitakse lakmusega. Reaktsioon on neutraalne või nõrgalt leelisene. Lisatakse 2—3 tilka nõrka soolhapet kuni neutraalse või nõrgalt happese reaktsiooni saamiseni.

Nüüd pannakse katseklaasi tärklisekliistrit ja joodi. 10—15 minuti pärast on lahusel veel oma sinine värvus. Suhkru avastamise proov annab negatiivse tulemuse.

Järeldus. Sülg toimib tärklisesse ainult leeliseses keskkonnas.

5. Õpetajalaual võib esimest katset täiendavalt korrata, kuid eri temperatuuride puhul: üks katseklaas pannakse sooja vette (37°), teine külma vette.

Järeldus. 37°-sel temperatuuril toimub lõhustumine kiiremini.

Töövahendid. Laboratoorse töö jaoks (arvestatud iga õpilaslaua kohta): Piirituslamp. 3 katseklaasi. Statiiv katseklaaside jaoks. Katseklaaside hoidja. Pipett. Toores tärklis. Tärklisekliister. Nõrk joodilahus. Fehling'i vedelik. Tuletikud. Demonstreerimiseks: 1—2 piirituslampi. 4—5 katseklaasi. Statiiv katseklaasi jaoks. 1—2 katseklaasi hoidjat. 2 pipetti. 2 klaasi. Keemiline ter-

[1] Katsed 3, 4 ja 5 korraldatakse demonstratsiooni korras.

momeeter. Käterätik. Tärklisekliister. Nõrk joodilahus. Fehling'i vedelik. Nõrk soolhappelahus. Punane lakmuspaber.

Katsed maomahla toime selgitamiseks. Demonstratsioon. 1. Loomuliku maomahla toime valkudesse[1]. Katseklaasi pannakse nülitud konnakoib, väike lihatükike või mõned fibriinikiud. Peale kallatakse umbes ½ katseklaasi (või 5 cm³, kui on võetud tükike liha või fibriini ja mitte konnakoib) maomahla. Seejärel asetatakse katseklaas vesivanni, mille temperatuur on umbes 38°. Tunni lõpuks on konnakoib peaaegu täiesti seedunud. Eriti kiiresti seedub fibriin.

Järeldus. Maomahl seedib valke.

2. Keemalastud maomahla toime valkudesse. Katse korraldatakse nagu esimeselgi juhul, maomahl aetakse ainult enne keema.

Järeldus. Keemaaetud maomahl ei toimi valkudesse.

3. Maomahla toime valkudesse madalal temperatuuril. Katse korraldatakse nagu esimeselgi juhul, ainult et katseklaas asetatakse lund sisaldavasse klaasi. Tunni lõpuks on valk peaaegu muutumatu.

Järeldus. Külmas maomahl valke peaaegu ei seedi.

4. Neutraliseeritud maomahla toime valkudesse. Lakmuspaberi abil määratakse maomahla reaktsioon. Reaktsioon on happene. Maomahl neutraliseeritakse nõrga kaaliumhüdroksüüdi-lahusega, lastes seda tilgakaupa katseklaasi, ja korraldatakse siis valkude seedimise katse.

[1] Valmis maomahla saadakse apteegist. Parem on aga seda ise valmistada. Selleks tuleb hankida värske seamagu. Magu loputatakse veega, lõigatakse tükkideks ja pannakse puhtasse purki. Peale kallatakse liiter vett ja lastakse 3—5 päeva seista. Et vedeliku roiskumist vältida, lisatakse veele pisut kloroformi. 2—3 päeva pärast kallatakse selginud vedelik ettevaatlikult ära ja lisatakse sellele soolhapet (5 cm³ kanget hapet liitri vee kohta).

Järeldus. Neutraliseeritud maomahl valke ei seedi, ta lõhustab neid ainult happeses keskkonnas.

Tööpahendid. Konn. Liha või fibriin. Maomahl. Kanamuna. Piirituslamp. Vesivann. 4 katseklaasi. Statiiv katseklaaside jaoks. Klaas. Pipett. Termomeeter. Kätterätik. 10%-line leeliselahus. Lakmuspaber (sinine ja punane).

Katsed pankreasemahla ja sapiga. Ajapuudusel ei ole tavaliselt võimalik õpilastele demonstreerida kõiki katseid, mis selgitavad mitmesuguste seedemahlade toimet. Seepärast võib pankreasemahla ja sapi seedeomaduste uurimist teostada õpperingi töö korras (lk. 291).

Seedefermendid. Tehes kokkuvõtteid sooritatud katsete tulemustest, juhib õpetaja tähelepanu sellele, et keerukad toitained muunduvad lihtsamaiks ja lahustuvaiks ühendeiks eriliste ainete toimel, mis sisalduvad seedenäärmete mahlades. Neid aineid nimetatakse fermentideks. Antakse lühike ülevaade selle kohta, mis on fermendid.

Keerukate toitainete muundumisprotsessi fermentide toimel lihtsamaiks ja lahustuvaiks ühendeiks nimetatakse toitainete lõhustumiseks.

Lõhustumisel lagunevad süsivesikute, valkude ja rasvade molekulid, mis ühendavad endaga fermentide osavõtul ühe või mitu veemolekuli, lihtsama koostisega aineiks [1]. Näiteks lõhustub linnasesuhkur viinamarjasuhkruks. Reaktsiooni käik on järgmine:

$$\underset{\text{Linnasesuhkur}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = 2\underset{\text{Glükoos}}{C_6H_{12}O_6}.$$

Nüüd tuleb täpselt jutustada, missugused fermendid sisalduvad süljes, maomahlas, kõhunäärmemahlas ja soolemahlas ning missuguseisse toitaineisse toimib igaüks neist.

[1] Ainete lõhustumist veega ühinemise teel nimetatakse hüdrolüüsiks.

Toidu muundumisest seedekulglas peavad õpilased saama enam-vähem tervikulise kujutluse. Seepärast on vajalik, et õpetaja antud küsimuse käsitlemisel kirjeldaks tabelit kasutades toidu järkjärgulist edasiliikumist ja neid muutusi, mis temaga toimuvad seedekulgla igas osas. Seletuste tulemusena peab õpilastel selge olema, kus algab ja lõpeb süsivesikute lõhustumine viinamarjasuhkruks, valkude lõhustumine amiinhappeiks, rasvade lõhustumine glütseriiniks ja rasvhappeiks.

Tutvumise tulemusena fermentide toimega süsivesikuisse, valkudesse ja rasvadesse seedekulgla mitmesuguseis osades võib koostada umbes sellise tabeli:

Tabel fermentide toime kohta.

Millises seedekulgla osas toimib	Keskkonna reaktsioon	Milline mahl ja ferment	Milliseisse toitaineisse toimib	Mis saadakse
Suuõõnes	Leelisene	Sülg — ptüaliin ja maltaas	Süsivesikuisse	Linnase- ja viinamarjasuhkur
Maos	Happene	Maomahl — pepsiin + + HCl	Valkudesse	Albumoosid ja peptoonid
Peensooles	Leelisene	Kõhunäärmemahl:		
		a) diastaas, maltaas	Süsivesikuisse	Viinamarjasuhkur
		b) trüpsiin	Valkudesse, albumoosidesse ja peptoonidesse	Amiinhapped
		c) lipaas	Rasvadesse	Glütseriin ja rasvhapped
		Soolemahl — erepsiin	Peptoonidesse	Amiinhapped

Selle tabeli võib koostada klassis või tööülesande korras kodus.

Fermentide põhiomadused. Fermentide iseloomustuse kokkuvõttes tehakse järgmised järeldused.

1. Iga ferment avaldab enam-vähem väljakujunenud spetsiifilist toimet, s. o. iga ferment on võimeline kiirendama ainult üht liiki keemilist reaktsiooni või põhjustama ainult teatavate toitainete lõhustumist, näiteks toimib ptüaliin tärklisesse, aga ei ole võimeline lõhustama valke.

2. Fermendid toimivad kõige paremini kehatemperatuuri puhul. Keetmisel nad hävivad. Temperatuuri langemisel nõrgeneb nende toime.

3. Fermentide lõhustav toime avaldub ainult teatavas keemilises keskkonnas, näiteks toimib pepsiin nõrgalthappeses keskkonnas, ptüaliin nõrgalt-leeliseses või neutraalses keskkonnas. Need omadused eraldavad fermente tavalistest keemilistest katalüsaatoritest. Siin on väga kohane aeg õpilastele meenutada ainet (trombiin), mis põhjustab vere hüübimist, ja teatada, et ka see aine kuulub fermentide hulka.

Maks. Seedeprotsessiga tutvumisel tuleb õpilaste tähelepanu juhtida maksa sekretoorse tegevuse tähtsusele seedeprotsessis. Sapi koostisega ei tarvitse õpilasi tutvustada. Käsitelles sapi tähtsuse küsimust seedeprotsessis, ei tule mitte kõnelda tema üksikute osade (sapphapete, sapipigmentide) tähtsusest, vaid sapi tähtsusest üldiselt.

Sapp etendab seedimisel tähtsat osa: 1) Sapp aktiviseerib kõhunäärmemahla ja soolemahlade fermente. Ta suurendab eriti rasvu lõhustava fermendi toimet. 2) Sapp emulgeerib rasvu, soodustades nende lõhustumist (rasva kokkupuute pindala fermentidega suureneb). 3) Sapp muudab lahustumatud rasvhapped (rasvade lõhustumis-

saadused) lahustuvaiks ühendeiks. 4) Sapp suurendab soolte peristaltikat.

Seedenäärmete sekretsioon. Pärast seedefermentide ja nende omaduste tundmaõppimist tutvustab õpetaja õpilasi seedenäärmete sekretsiooni uurimise meetoditega. Selle küsimuse üle vestlemiseks leiab õpetaja jooniseid ja küllaldase materjali stabiilse õpiku paragrahvist „Seedeelundite töö".

Seal, kus võimalik, tuleb õpilastega organiseerida ekskursioon mõnesse teaduslikku asutisse, kus uuritakse näärmete sekretsiooni uurise- ehk fistulimeetodi abil.

Seedenäärmete töö regulatsioon. Kirjeldades seedenäärmete töö regulatsiooni küsimust, on täiesti küllaldane piirduda selle materjaliga, mis on antud stabiilses õpikus. Kus võimalik, tuleb seda ainult pisut konkretiseerida. Siin on kohane aeg õpilastele anda kujutlus süljenõristusrefleksist. On tarvilik, et õpetaja seletusi sülje nõristumise protsessist saadaks leheküljel 360 antud joonist kujutava tabeli demonstreerimine. Selle tabeli abil näidatakse õpilastele piklikku aju, milles asetseb süljenõristuskeskus, ja sülje nõristumise tingimatu refleksi teed.

Tabelit demonstreerides õpetaja seletab, et toit, mis satub suuõõnde, ärritab seal asetsevaid närvilõpmeid. Erutus kandub närvide kaudu süljenõristuskeskusse ja sealt teist närvi kaudu süljenäärmele. Vastuseks toidu poolt põhjustatud erutusele hakkab nääre sülge nõristama. Selle konkreetse näite varal antakse õpilastele käsitus refleksist kui närvisüsteemi abiga teostuvast organismi vastusreaktsioonist mitut laadi ärritustele. Nii saavad õpilased kujutluse, et sülje nõristumine toimub reflektoorselt.

4. Toitainete imendumine ja nende omastamine.

Sissejuhatav seletus. Et õpilased imendumisprotsessist õieti aru saaksid, on vaja:

1) anda neile selge kujutlus hatu ehitusest;

2) selgitada, mida tähendavad nähtused filtratsioon, difusioon, osmoos ja milline on nende nähtuste osa imendumisprotsessis;

3) näidata, millist tähtsust omavad imendumisprotsessides limaskesta elavad epiteelirakud.

Lühikeses seletuses näitab õpetaja, millise intensiivsusega toimub toitainete imendumine soolte eri osades. Ta märgib, et mitte kogu seedekulgla limaskest pole ühesuguse imendumisvõimega. Suuõõnes on imendumine erakordselt väike. Samuti on mao limaskesta imendumisvõime tähtsusetu. Maos imendub alkohol, aegamööda võivad imenduda mineraalsoolad ja vesi. Võrdlemisi väike on imendumine ka kaksteistsõrmikus. Kõige suurem imendumine toimub peensooles. Õpilased teavad juba, et peensoole pindala on tänu limaskesta voltidele ja hattudele kaunis suur. Peensoole pikkuse tõttu püsib seal toit pikemat aega. Kõik see loob imendumiseks soodsad tingimused.

Jämesooles toimub vee imendumine. Temas võivad vähesel hulgal imenduda ka toitained. Sellele on arstiteaduses rajatud nn. toiteklistiiride rakendamine, s. o. kergesti seeduvate toiduainete juhtimine pärasoolde.

Hatu ehituse vaatlemine mikroskoobi all. Pärast sissejuhatust siirdub õpetaja peensooles toimuva imendumisprotsessi üksikasjalisele käsitlemisele. Kõigepealt antakse õpilastele kujutlus hatu ehitusest. Tabeli abil, mis kujutab hatu ehituse skeemi, näitab õpetaja õpilastele järgmisi kõige tähtsamaid üksikasju: 1) ühekihiline epiteel, mis katab hatu pinda, 2) hattude sees asetsevate vere-

kapillaaride võrk (ühte voolates viivad need kapillaarid vere keskmete veeni kaudu värativeeni süsteemi) ja 3) lümfikapillaar, mis algab hatus. Lümfikapillaari kaudu voolab lümf keskmete lümfisoontesse, sealt rinnajuhasse ja sellest edasi ülemise tühiveeni verre.

Hatu ehituse käsitlemisel ei tule ainult tabeliga piirduda; õpilastele on tarvis mikroskoobi all demonstreerida vastavat mikroskoobilist preparaati. Preparaadi vaatlemine mikroskoobi all annab õpilastele hatu epiteelist konkreetse kujutluse.

Töövahendid. Hatu mikroskoobilised preparaadid (mikroskoopide arvu järgi). Mikroskoobid. Osutiga okulaar. Tabel „Hatu ehitus".

Difusioon, osmoos, filtratsioon. Enne kui siirduda imendumisküsimuse selgitamisele, tuleb õpilastele meelde tuletada, mida mõistetakse filtratsiooni-, difusiooni- ja osmoosinähtuse all. Seda on vaja teha selleks, et edaspidi saaks imendumisprotsessi olemuse selgitamisel neile nähtustele toetuda. Difusioon ja filtratsioon peaksid õpilastele tuttavad olema keemia ja füüsika kursusest. Osmoosinähtusega puutusid nad esmakordselt kokku botaanika kursuses taimede pinnasest toitumise küsimusega tutvudes. Ei ole üleliigne kontrollida, kuivõrd selged on õpilaste kujutlused neist nähtustest. Neile tuleb meenutada, et f i l t r a t s i o o n i all mõistetakse vedeliku läbinõrgumist rõhu vahe (diferentsi) mõjul. D i f u s i o o n i k s nimetatakse ühtede ainete levimist teistes. Difusioon kestab niikaua, kuni üks aine ühtlaselt seguneb teisega. O s m o o s — see on ainete difusioon läbi pool-läbilaskvate kilede. Kui pool-läbilaskev kile lahustunud ainet kinni peab, siis nõrgub temast läbi lahusti.

Tavaliselt ei kujutle õpilased osmoosinähtust küllalt selgesti. Seepärast peab neile demonstreerima kas või seda katset, mida

nad juba botaanika kursust läbi võttes nägid. Kolloodiumist kotikesse[1] kallatakse tanniinilahust. Klaasis valmistatakse nõrk raudkloriidi-lahus. Siis seotakse kotike klaastoru külge. Viimane kinnistatakse statiivile nii, et kotike ülatuks üleni raudkloriidi-lahusesse. Kotikese lahusesse kastmisel muutub temas vedelik peaaegu otsekohe mustaks: raudkloriid tungib läbi kotikese seina ja ühineb tanniiniga, moodustades musta värvusega aine. Tanniin ei saa läbi kotikese seinte tungida.

Töövahendid. Statiiv näpitsaga. Klaas. Katseklaas või väike joogiklaas. Klaastoru lõik. Nõrk raudkloriidi-lahus. Kolloodium.

Elusate kudede ühepoolne läbilaskvus. Äärmiselt tarvilik on katsete demonstreerimine, mis näitavad, et mõned elusad koed omavad ühepoolset läbilaskvust. Selle omaduse nad kaotavad, kui nad on surnud või narkotiseeritud.

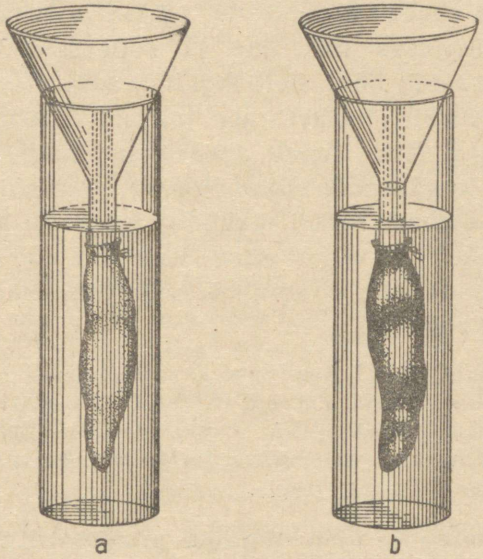
Selliste katsete jaoks on kohaseks objektiks konna nahk.

Katse korraldatakse järgmiselt. Võetakse kaks klaasi füsioloogilise lahusega (0,65% NaCl) ja kaks lehtrit, mille torukestele asetatakse kitsas kummirõngas. Alustades reiest tõmmatakse konna tagajäsemeilt nahk maha ja valmistatakse kummagi koiva nahast kotike. Siis seotakse koiva nahk ülaltpoolt varbaid kinni. Ühel kotikesel keeratakse seesmine pool väljapoole, teisel jäetakse nahk samasse asendisse, nagu see on konna kehal. Mõlemad kotikesed täidetakse metüleensinise lahusega ja aseta-

[1] Kolloodiumist kotike valmistatakse järgmiselt. Võetakse puhas lai katse- või joogiklaas ja kallatakse sellesse natuke kolloodiumi. Siis, kallutanud klaasi, keeratakse seda selleks, et kolloodium kataks üleni õhukese korrana klaasi seinad. Kolloodiumi jääk kallatakse tagasi kolloodiumipudelisse. Kolloodiumikilel lastakse hüübida. Pärast seda kui kogu eeter on aurustunud, võetakse kotike ettevaatlikult klaasist välja. Seda on kõige parem teha nii: kile eraldatakse ülalt ettevaatlikult klaasi seintest, moodustunud vaheruumi lastakse veekraanist veenire — kotike peab ise üles veepinnale tõusma.

takse füsioloogilist lahust sisaldavaisse klaasidesse (joon. 75). Paralleelselt korraldatakse teine katse, mis eelmisest erineb selle poolest, et kotikesed hoitakse enne 10—15 minutit kanges piirituses (või denaturaadis), et nende naha rakke surmata.

Katsed korraldatakse tunni alguses. ½—1 tund pärast katsete korraldamist võib saada järgmised tulemused.



Joon. 75. Ühepoolse läbilaskvuse demonstreerimise katse.

Esimese katse puhul värvub füsioloogiline lahus klaasis, milles on ümberpööramata kotike, siniseks; füsioloogiline lahus ümberpööratud kotikesega klaasis ei värvu.

Siit on järeldus selge: konna nahk, mille rakud on veel elavad, omab ainult ühepoolset läbilaskvust.

Teise katse puhul värvub füsioloogiline lahus mõlemas klaasis. On selge, et surnud nahk on kaotanud ühe-

külgse läbilaskmisvõime ja on muutunud läbilaskvaks nii ühes kui ka teises suunas.

Pärast nende katsete demonstreerimist muutub õpilastele arusaadavaks tõsiasi, et imendumisel toimub toitainete ühepoolne läbitungimine soolest verre.

Et soole-epiteel omab ühepoolset läbilaskvust, näitas Reid'i katse. Reid võttis äsjatapetud küüliku peensoole tükid. Neid tükke kasutas ta kilena vaheseinaks, mis lahutas teineteisest kaht ühe ja sellesama keedusoolalahusega täidetud õõnt. Reid tegi kindlaks, et väljalõigatud sooletükk laskis teatava aja jooksul keedusoolalahust ühes suunas läbi, nimelt limaskesta poolt vadakkesta poole. See keedusoola läbiimbumine toimus niikaua, kuni rakud olid elavad. Pärast rakkude surma või kloroformiga narkotiseerimist ei olnud enam vedeliku voolu näha. See katse näitas samuti, et ainult elav epiteel omab ühepoolset läbilaskvust.

Töövahendid. 2—3 konna. Suured anatoomilised käärid. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. Prepareerimisnõel. Prepareerimisvann. Käterätik. 4 väikest lehtrit. 4 „entomoloogilist" katseklaasi. Kummitorust lõigatud kummirõngad. Metüleensinise lahus. Füsioloogiline lahus külmaverelistele.

Imendumine — füsioloogiline protsess. Kuidas toimub imendumine peensooles? Sellele küsimusele annavad vastuse katsed, mida on korraldanud mitmed teadlased. Need katsed näitavad, missugune osa imendumisprotsessis on filtratsioonil, difusioonil ja osmoosil. Nad selgitavad samuti hatu epiteeli tähtsust imendumisprotsessis.

Kas filtratsioon etendab imendumisprotsessis mingit osa? Imendumist ei saa filtratsiooniga seletada sellepärast, et rõhk hattude kapillaarides võrdub 30—40 mm Hg, rõhu suurus sooltes on aga umbes 5 mm Hg. Kui imendumisel oleks tegemist filtratsiooniga, siis tuleks oodata, et

ained läheksid verest üle sooleõõnde. Normaalseis tingimustes seda aga ei toimu.

Imendumisprotsessis toimuvad küll difusioon ja osmoos, kuid ühtlasi täheldame imendumisel nähtusi, mis on vastuolus difusiooni ja osmoosi seadustega.

Avanud koera kõhuõõne, juhtis üks füsioloog (Heidenhain) soole silmusesse, mis oli kahepoolse sidemega isoleeritud, sama koera vereseerumit. Selgus, et koera sool imes endasse täielikult sinna juhitud seerumi. Selle katse puhul oli ainete kontsentratsioon veres ja sooles ühesugune. Järelikult ei saa antud juhul imendumist seletada ei difusiooni ega osmoosiga.

Sedasama kõnelevad ka teise füsioloogi (Cohnheim'i) katsed. Tal õnnestus näidata, et imendumise ajal võib teatavais tingimustes sooles leiduva lahuse NaCl-sisaldus madalamale langeda vereplasma NaCl-sisaldusest. Järelikult siirdub siin NaCl suurema kontsentratsiooni poolele, mis on vastuolus difusiooni seadustega.

Kõik toodud faktid peavad õpilastele näitama hatu epiteeli tähtsust neis elutegevusprotsessides. Toitainete lõhustumisproduktide ühepoolset läbitungimist täheldatakse ainult elavais rakkudes. Imendumine on samasugune epiteelirakkudes toimuv füsioloogiline protsess nagu hingamine, toitumine, lagunemissaaduste eritamine jt.

Viimast seisukohta kinnitab veel see, et epiteelirakkudes toimub rasvade süntees, s. o. toidurasvade lõhustumissaadustest tekivad hatu epiteelis uuesti rasvad, aga juba antud organismile omased.

Kokkuvõttes juhitakse õpilased järgmisele üldistusele:

1. Toitainete lõhustumissaaduste imendumine toimub sooltes ainult ühes suunas, s. o. sooleõõnest verre.

2. Imendumisel toimub soole epiteelis rasvade süntees.

3. Imendumisel toimuvad hatu epiteeli mikroskoopilises struktuuris muutused.

4. Imendumisel täheldatakse nähtusi, mis ei ühti osmoosi- ja difusiooninähtusega, sest imendumisprotsessidest võtavad osa hatu epiteeli elavad rakud.

Need järeldused võib õpilastel lasta vihikuisse kirjutada. Samuti on soovitav joonistada vihikuisse katsed konna nahast kotikestega.

Rakkude toitumine ja toitainete omastamine nende poolt. Käsitelnud toitainete lõhustumissaaduste imendumisprotsessi, annab õpetaja õpilastele käsituse rakkude ja kudede toitumisest ning toitainete omastamisest nende poolt.

Organismi rakkude ja kudede toitumise all mõistetakse neisse lümfi kaudu verest valkude, süsivesikute (amiinhapete, viinamarjasuhkru) ja rasvade tulekut.

Eluprotsesside tulemusena tekivad rakkudes ja kudedes sinna saabunud aineist uued, keerukad ühendid, mis on kudedele omased. Seda protsessi nimetatakse toitainete o m a s t a m i s e k s.

Käsitelles küsimust, kuidas organism omastab valkude, rasvade ja süsivesikute imendunud lõhustumissaadusi, on küllaldane, kui piirdutakse stabiilses õpikus antud materjaliga.

Maksa ülesanne. Maksa tähtsuse selgitamisel tuleb peale selle ülesande, mis maksal on glükogeeni suhtes, õpilaste tähelepanu juhtida veel kahele momendile: 1) maks etendab organismis tähtsat osa valkude-, rasvade- ja süsivesikute-ainevahetuses; 2) organismile mürgised produktid, mis värativeeni verega siia tuuakse, muudab maks kahjutuiks või vähem mürgiseiks ühendeiks. Nii võib soolesisaldise ekstrakt, kui see juhitakse perifeersetesse soontesse, väga mürgine olla; kui teda

aga juhitakse värativeeni, siis ei avaldu tema mürgisus enam.

5. Toitlusnormid.

Toiduainete toiteväärtus. Küsimust toiduainete toiteväärtusest, toitlusnormidest ja ühiskondlikust toitlustamisest käsitleb õpetaja vestluse või loengu kujul.

Vestluse sisuks võivad olla materjal ja tabelid [1], mis on toodud stabiilse õpiku vastavais paragrahvides.

Toidusaaduste toiteväärtuse küsimuse käsitlemisel peab alla kriipsutama, et toidu toiteväärtuse hindamisel tuleb arvestada mitte ainult tema energeetilist väärtust, vaid ka tema koostisse kuuluvate toitainete kvaliteeti.

Toidu kulinaarne töötlemine. Õpilaste tähelepanu tuleb juhtida sellele, et toidu toiteväärtus sõltub suurel määral tema kulinaarse töötlemise viisist. Vestluses selle küsimuse üle võib konkreetsete näidetena kasutada alltoodud materjali.

Toiduainete soojendamine keemispunktini teatava aja jooksul mõjub neis sisalduvate vitamiinide säilivusele mitmesuguselt.

Vitamiinid A, B, D ja E ei hävi keetmisel kergesti, vitamiin C aga hävib sageli vee keemistemperatuuril või tema sisaldus produktides väheneb tunduvalt. Kapsa keetmisel läheb vitamiin C väga suurel määral üle vette (puljongisse) [2]. Kartul kaotab keetmisel võrdlemisi vähe vitamiini (Scheunert'i andmete järgi). Puuviljadele ja marjadele mõjub keetmine (kompottideks ja keedisteks) erinevalt, olenevalt keetmise viisist ja õhuga kokkupuutumise määrast.

---

[1] Arvud tabelite paremal küljel tähendavad aine 100 g kalorsust.

[2] B. A. Lavrov, Toitumisfüsioloogia õpik, lk. 275.

Suhkruga 10—15 minutit keedetud marjad ja puuviljad (karusmarjad ja virsikud) kaotavad C-vitamiini-sisalduse suhtes vähe, kuna kirssides säilib vaid pool nende endisest aktiivsusest; õunad ja aprikoosid säilitavad ainult veel C-vitamiini jälgi, ent pirnid kaotavad selle täielikult.

Praadimisel vitamiinid hävivad suuremal määral kui teiste kuumade töötlemisviiside puhul. Hävimist soodustavateks tingimusteks on kõrge temperatuur ja õhu vaba juurdepääs toiduainele.

Et õpilastele näidata, kuidas toiduainete toiteväärtusele mõjub nende konservimine, võib õpetaja konkreetsete näidetena kasutada järgmisi andmeid.

Alles väga hiljuti valitses üldlevinud arvamus, et purkhoidised on vitamiinideta produktid; erand tehti ainult tomatile. Kuid ka tomatite vitamiine on kerge hävitada, eriti C-vitamiini, ja tegelikult leiamegi tavaliselt vitamiinide suhtes nii väärtuslikke kui ka väärtusetuid tooteid. Väärtusetuks muutumine on tingitud kestvast kokkupuutumisest õhuga, aparaatide tarvitamisest, millel on töödeldava materjaliga kokkupuutuvaid vaskosi, ja kõrgest temperatuurist.

Vitamiin B võib köögiviljast purkhoidiste valmistamisel tunduval määral säilida; nii näiteks ei täheldatud välismaa kirjanduse andmete järgi rohelise herne steriliseerimisel 25 minuti jooksul 120° temperatuuril B-vitamiini aktiivsuse langust. Täpselt samuti võib vitamiin A purkhoidiste valmistamisel oma aktiivsuse säilitada; on viiteid sellele, et spinat purkides steriliseerimisel (70—120 minutit 118° temperatuuril) ei kaota oma antikseroftalmilist aktiivsust. Kaks liiki hoidiseid (spinat ja tomat), mida uuriti Ühiskondliku Toitlustamise Instituudi vitamiinide-osakonnas, omasid kõrget aktiivsust (A-vitamiini suhtes). Seepärast võib mõningaid hoidiseid tarvitada ka laste toitlustamisel kui produkte, mis sisaldavad mitte ainult C-, vaid ka A-vitamiini.

Toiduainete omastatavus. Käsitelles toiduainete omastatavuse küsimust peab tähelepanu juhtima sellele, et

organism ei kasuta ära kogu söödud toitu, vaid eritab osa sellest kasutamatult. Keskmiselt on omastatavus loomse toidu puhul 95%, taimse toidu puhul 80% ja segatoidu puhul 82 kuni 90%.

Segatoidu tähtsus. Segatoit võib väikeses koguses olla küllalt toitev, maitsev ja hästi omastatav. Tema tähtsust saab õpetaja tõestada järgmise materjali varal: toitumisel mingisuguse ühe toiduainega (mõõduka töö puhul, kus kulub umbes 3000 kalorit) oleks tarvis päevas süüa:

Liha	3700 g	Õunu	5 kg
Mune	45 tk.	Riisi	1100 g
Rukkileiba	1600 g	Kartuleid	5 kg
Piima	5 l	Salatit	16 „
		Kapsast	8 „

Toodud andmeist on täiesti selge, et toitumine mingi ühe toiduainega ei ole vastuvõetav.

Kodune ülesanne. Et kindlustada teadmiste paremat meeldejäämist, võib anda koduseks tööks umbes seda liiki ülesanded:

1. Määrata kaloreis kindlaks energia hulk, mida õpilane kulutab ööpäevas, teades, et 1 kg kehakaalu kohta kulutatakse umbes 40 suurt kalorit.

2. Teha kindlaks, palju ja missuguseid toiduaineid peab õpilane sööma, et asendada tema jaoks väljaarvutatud, kaloreis väljendatud ööpäevast energiakulu, kasutades selleks A. N. Kabanov'i õpikus lehekülgedel 113 ja 114 antud tabeleid ja tehes neis omastatavuse suhtes parandusi.

Kokkuvõtte puhul, programmi teemat „Toitumine" läbivõtmist lõpetades, on soovitav organiseerida ekskursioon lähemasse vabrikuköögi või mõne tööstuse toitlusosakonda. See ekskursioon on täienduseks vestlusele ühiskondlikust toitlustamisest kui teest tervislikumale ja ratsionaalsemale toitumisele.

Klassiväline töö teema puhul „Toitumine".

Avitaminoosid. Väga soovitav on kooli noorte loodusteadlaste ringis korraldada vaatlusi loomade juures, kellel on kunstlikult põhjustatud avitaminoosinähtuste arenemine. Võrdlemisi kergesti õnnestub esile kutsuda eksperimentaalset skorbuuti ja avitaminoosi B.

Eksperimentaalset skorbuuti (avitaminoosi C) on kõige kergem tekitada meriseal, kui teda sööta ainult kaeraga. Avitaminoosinähtused ilmnevad tavaliselt neljandal nädalal, kui loomale anda toitu, milles puudub C-vitamiin, ja seisavad hammaste logisemahakkamises, soolte limaskesta haavandumises, kõhrede, roiete ja teiste luude muutumises, liigeste paistetamises, mille tagajärjel liigutused muutuvad valulikuks. Loom lamab sagedamini küljel või võtab asendid, millede puhul valutunne liigutamisel on väiksem. Karv kaotab läike ja läheb sassi. Algab järsk kõhetumine. Kõhetumine suureneb, ja looma surm saabub mitmesuguste aegade (2—20 päeva) jooksul.

Koolis sooritatavate katsete puhul ei tule looma surra lasta. Niipea kui hakkavad ilmnema kõik avitaminoosi C iseloomulikud tunnused, tuleb hakata söögile lisama C-vitamiini, s. o. andma värsket köögivilja (porgandeid, kaalikaid, kapsaid jm.) ning toorest piima. Merisigade haigestumise pilt meenutab inimese skorbuuti, mispärast seda nimetataksegi eksperimentaalseks skorbuudiks.

Avitaminoosi B võib esile kutsuda lindudel (tuvidel, kanadel) odra, kaera ja teiste produktidega söötmisel sel juhul, kui sööt antakse enne töötlemiseks autoklaavi[1] 120°-sel temperatuuril 2—3 tunni kestel.

Avitaminoosinähtused algavad kõndimishäiretega; neile järgnevad jalgade halvatus, tiibade liigutuste häired, hingamislihaste ajutised halvatused, kuklalihaste kestev kokkutõmme ja pea tahapoole kallutamine (opistotoonia). Kasvavate halvatusnähtuste, krampide ja liigutushäirete puhul saabub surm. Avitaminoosi B puhul algavad lihaste, närvide, soolte limaskesta ja sisesekretsiooni-näärmete mandumisprotsessid. Neid avitaminoosinähtusi on hakatud polüneuriidiks nimetama. Polüneuriiti võib esile kutsuda ka teistel loomadel (valgel rotil, koeral).

---

[1] Autoklaave omavad teaduslike asutiste meditsiinilised ja bioloogilised laboratooriumid. Sinna tulebki pöörduda toidu töötlemiseks autoklaavis.

Eksperimentaalset polüneuriiti arstitakse pärmi, taimede roheliste osade, kliide ja kõrsviljaga.

Katsed pankreasemahlaga. Kui on võimalik teaduslikest laboratooriumidest, kus on vastavaid uurisekoeri, saada aktiviseeritud pankreasemahla, siis tuleb õpperingis sellega katseid korraldada. Nende katsete korraldamiseks võib kasutada ka preparaati, mida apteekides müüakse pankreatiini nime all. See preparaat on juba aktiviseeritud.

1. Pankreasemahla toime tärklisekliistrisse.

Katseklaasi kallatakse 2—3 cm^3 lahjendatud kliistrit, 2—3 tilka joodi ja 1—2 cm^3 pankreasemahla. Katseklaas pannakse vesivanni (38°). 10—15 minuti pärast kaob sinine värvus. Suhkru avastamise proov annab positiivse reaktsiooni.

Järeldus. Pankreasemahl toimib tärklisekliistrisse, muutes selle suhkruks.

2. Pankreasemahla toime tooresse tärklisesse.

Katse korraldatakse nagu esimeselgi juhul, ainult tärklisekliistri asemel võetakse toores tärklis. 10—15 minuti pärast annab suhkru avastamise proov positiivse tulemuse.

Järeldus. Pankreasemahl seedib ka toorest tärklist.

3. Pankreasemahla toime valkudesse.

Katseklaasi kallatakse 2—3 cm^3 aktiviseeritud pankreasemahla ja lisatakse mõned fibriinikiud. Katseklaas pannakse sooja vesivanni (38°). 20—30 minuti jooksul toimub fibriini täielik seedumine.

Järeldus. Pankreasemahl seedib valke.

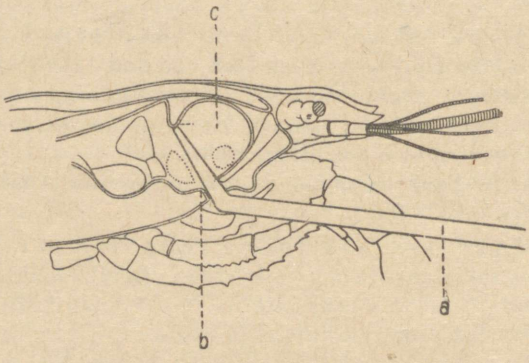
Võib ka ise katsuda pankreasemahla valmistada. Selleks tuleb võtta kaks kõhunääret (vasika või sea omad) ja lasta need kaks korda läbi lihamasina. Peenestatud nääre kogutakse tassi, lisatakse destilleeritud vett (ühele kaaluosale kaks osa vett) ja pannakse 25°-sesse vesivanni. Kahe tunni pärast tuleb nääret läbi käterätiku pigistada ja mitu korda kurnata.

Töövahendid. Vesivann. 3—5 katseklaasi. Katseklaaside hoidja. Piirituslamp. Pankreasemahl. Toores tärklis. Tärklisekliister. Fibriin. Joodtinktuur. Fehling'i vedelik.

Katse vähi seedemahlaga. Õpperingis oleks huvitav korraldada katseid jõevähi maost võetud mahla seedetoime uurimiseks. Mahla saamine vähilt ei tee raskusi (joon. 76). Seedemahla on parem

võtta vähkidelt, kes on 2—3 päeva nälginud[1]. Mahla saamiseks viiakse läbi suuava vähi makku klaastoru — kanüül, nagu on näidatud joonisel. Tavaliselt hakkab otsekohe toru sisseviimisel tema kaudu pruuni vedelikku erituma — see ongi seedemahl. Ühelt vähilt võib 1—2 cm^3 mahla saada. Kanüül tuleb väga ettevaatlikult sisse viia, et looma mitte vigastada.

Saadud mahlaga võib korraldada järgmisi katseid.



Joon. 76. Maomahla võtmine vähilt: *a* — kanüül; *b* — suu; *c* — mao eesmine osa.

1. Tärklise seedimine. Vähi seedemahla sisaldavasse katseklaasi lisatakse natuke tärklisekliistrit ja klaas pannakse siis vesivanni (38—40°). 15—20 minuti pärast sooritatakse joodireaktsioon ja Trommer'i (või Fehling'i) proov. Joodireaktsioon annab negatiivse tulemuse, Trommer'i proov — positiivse. Vähi seedemahl seedib tärklist.

2. Valkude seedimine. Vähi seedemahla sisaldavasse katseklaasi lisatakse mõni tilk 2%-list soodalahust[2] ja pisut fibriini. Katseklaas pannakse vesivanni (38—40°). Umbes tunni aja pärast on fibriin seeditud.

---

[1] Vähi seedemahla nõristavad kesksoole näärmed. Kesksoolest läheb see mahl läbi pülooruse mao kardiaalsesse piirkonda. Näljaseisundis on magu täidetud nn. näljamahlaga.

[2] Seedemahla leelistamine soodalahuse lisamise teel kiirendab fibriini seedimist.

Töövahendid. 2—3 vähki. Vesivann. 3—5 katseklaasi. Katseklaaside hoidja. Piirituslamp. Kanüül. Käterätik. Fibriin. Tärklis. 2%-line soodalahus. Joodtinktuur. Fehling'i vedelik või reaktiivid Trommer'i proovi jaoks.

Märg- ja õhikpreparaadid. Õpperingi töö korras võib valmistada märg- või õhikpreparaate maost (pikilõik), kaksteistsõrmiksoolest kõhunäärme ja maksaga, peensoole sisepinnast, peensoole silmusest keskmetel ja pimesoolest ussjätkega.

Mao pikilõigu preparaat valmistatakse küüliku või põrsa maost. Niisugusel preparaadil on näha mao kurruline sisepind ja sfinkterid.

Kaksteistsõrmiksoole preparaat maksa ja maonäärmega valmistatakse küüliku, põrsa, lamba, kitse või vasika seedekulgla vastavast piirkonnast. Et kaksteistsõrmiksool enne lõplikku kohalekinnistamist kokku ei vajuks, täidetakse ta kohe selle konserviva vedelikuga, millesse ta hiljem pannakse.

Peensoole sisepinna preparaat valmistatakse peensoole väikese tüki (10 cm) pikilõigust. Preparaadil on näha soole limaskesta kurrulisus ja tema hätud.

Õnnestunud keskmete preparaadi saab, kui keskmed võtta koos peensoole silmusega (joon. 73). Preparaadi jaoks võib võtta ükskõik missuguse looma — sea, lamba või vasika keskmed. Enne kohalekinnistamist täidetakse sool konserviva vedelikuga.

Pimesoole preparaat ussjätkega. On huvitav valmistada terve rida selliseid preparaate, võttes pimesoole ühes ussjätkega mitmesuguseilt loomadelt — küülikult, lambalt, sealt, kassilt.

Märgpreparaatide valmistamise tehnika. Märgpreparaadid konservitakse 70%-lises piirituses või 2—5%-lises formaliinilahuses. Loomuliku värvuse säilitamise eesmärgil tarvitatakse täiuslikumaid konservimisviise. Üheks neist on allpool kirjeldatud, prof. Tiesenhausen'i poolt soovitatud meetod. Veega puhtakspestud elund pannakse fikseerimiseks vedelikku, mis koosneb 200 cm^3 müügil olevast formaliinist, 10 g kaaliumsalpeetrist, 30 g äädikhappe-naatriumist või -kaaliumist ja liitrist veest. Säärased elundid, nagu maks, kopsud ja süda, lõigatakse enne noaga pikuti katki. See soodustab konserviva vedeliku paremat sissetungimist elundite süvemaisse kihtidesse. Sõltuvalt elundi suurusest hoitakse preparaati vedelikus 2—7 päeva. Siis loputatakse ta hoolikalt puhtaks. Loputamist on parem toimetada voolavas vees. Pärast loputamist

kuivatatakse preparaat ettevaatlikult kuivade rätikutega, mähitakse 90%-lise piiritusega niisutatud vatikihisse ja pannakse purki. Purk suletakse pealt tihedalt klaaskaanega. Tavaliselt taastub 2—3 tunni pärast organi loomulik värvus. Kui preparaadi pind loomuliku värvuse on omandanud, kuivatatakse ta kiirelt uuesti kuivade lappide abil ja säilitatakse filtreeritud vedelikus, mis koosneb 10 g kaaliumsalpeetrist, 200 g keedusoolast ja liitrist veest. Sellesse vedelikku võivad konservitud objektid jääda kuni nende kasutamiseni demonstreerimis- või väljajagamis-materjalina. Püsipreparaatide valmistamisel seatakse objekt esiteks piim- või tavalisest klaasist plaadil korda. Siis kinnistatakse ta ühest või kahest kohast klaasile. Kinnistamist peab teostama ettevaatlikult, et objekti mitte vigastada ja sellega preparaadi välimust mitte rikkuda. Plaadile asetatud objekt pannakse kandilisse või silindrilisse klaasnõusse ja kaetakse formaliini, piirituse või ülalmainitud seguga. Vedelikku peab kallama nii palju, et ta kataks kogu objekti, aga ei ulatuks preparaadi kaaneni. Preparaadi kaas tehakse klaasitükist, mis on nõu kuju järgi välja lõigatud. Kaas kleebitakse purgi külge Mendelejev'i kiti või kohupiimaga, mis on nuuskpiirituse abil peeneks hõõrutud.

Piirituspreparaadid võib kinni kleepida tavalise heakvaliteedilise tisleriliimiga, lisades liimile veidi äädikaessentsi. Purgid võib pealt sulgeda ka kuuma želatiinilahuse või tisleriliimiga määritud lõuendiga.

Õhikpreparaatide valmistamise tehnika. Preparaatide fikseerimine. Objektid õhikpreparaatide jaoks võetakse ainult äsjatapetud loomadest. Preparaatide valmistamiseks tarvitatavaid elundeid ei tohi alguses veega pesta. Objektide paksus ei tohi olla üle 1—2 cm. Preparaate fikseeritakse 2—3 päeva kestel vedelikus, mis koosneb 100 cm^3 destilleeritud veest, 20 cm^3 formaliinist, 10 g lämmastikhappe-kaaliumist ja 3,0 g äädikhappe-kaaliumist. Preparaadid pannakse üleni lahusesse.

2—3 päeva pärast pestakse preparaate voolavas vees. Lõplikuks kohalekinnistamiseks lõigatakse nad õhukesteks, 2—3 mm paksusteks liistakuteks.

Loputatud ja lappide või vatikihtide vahel kergelt kuivakspigistatud preparaadid pannakse 96%-lisse puhtasse piiritusse. Piiritusse jäävad nad 4—12 tunniks. Siis asetatakse preparaadid värskesse glütseriini-äädika segusse. Enne sellesse segusse panemist kuivatatakse nad uuesti, muljudes kuivade rätikutega ja

pigistades vatikihtide vahel. Glütseriini-äädika segu koosneb 60 osast glütseriinist, 30 osast äädikhappe-naatriumist ja 100 osast destilleeritud veest. Selles segus tuleb preparaate hoida mitte vähem kui 1—2 ööpäeva. Neid võib sinna jätta kuni lõpliku kohalekinnistamiseni.

Enne kohaleasetamist pigistatakse preparaadid uuesti kuivaks. Hoolikas vedeliku kõrvaldamine preparaadist hoiab edaspidi ära vee tekkimise kinnipandud õhikus. Preparaatide paremaks kuivatamiseks peab nad vedelikust ööpäev varem välja võtma ja lappide või vati peale asetama.

Preparaatide asetamine pigi ja kampoli segusse. Preparaate võib paigutada kingsepapigisse või želatiinisse.

Esimene viis on lihtsam ja odavam; sellest hoolimata ei jää korralikult pigisse paigutatud preparaadid sugugi taha želatiinisse asetatud preparaatidest.

Peatume esimesel valmistamisviisil. Preparaatide montaažiks kasutatakse päevapildinegatiivide klaase või heleda aknaklaasi tükke. Hoolikalt pestud ja kuivaks hõõrutud klaasi äärtele kleebitakse tihedast lauapaberist või õhukesest kartongist raam. Tulemusena saadakse vannike. Vannikese äärte kõrgus peab olema 3—4 cm. Vannikese põhjale pannakse preparaat. Elundite, näiteks südame või neerude õhikud kinnistatakse kohale järgmiselt. Vannikese põhja pandud õhik kaetakse pealt umbes niisama suure klaasitükiga, nagu on preparaat. Et vältida õhumullikeste kogunemist preparaadi alla, peab ülemise klaasi tihedalt alumise vastu suruma, kuid nii, et preparaati mitte deformeerida. Klaasi vajutamine toimub kahe peenikese neljatahulise puupulgakese abil, mis asetatakse ülemisele klaasile. Kahe klaasi vahele surutud preparaat kallatakse pealt kingsepapigi või kingsepapigi ja kampoli seguga üle. Kampolit lisatakse pigi kõvaduse tõstmiseks. Teda võib segus olla 10—25%. Segu peab pealmist klaasi katma ¼—½ cm paksuse kihina. Enne preparaadile kallamist tuleb sulatatud segul pakseneda lasta. Liiga vedel segu voolab tavaliselt pealmise klaasi äärte alla ja rikub preparaadi välimuse. Kui pigi on hangunud, lõigatakse üle preparaadi äärte ulatuvad puupulgakeste otsad maha. Hangunud pigi kaetakse pealt õhukese parafiinikorraga, mis preparaadi käeshoidmisel kaitseb pigi pehmumise eest. Niipea kui parafiin kõvaks tõmbub, murtakse paberraami ääred alla ja kleebitakse paberiribaga korralikult kinni.

Ebatasase pinnaga preparaadid, nagu näiteks soole või mao pikilõik, kilpnääre jt., tuleb teisiti kinni panna, sest neid pole võimalik klaaside vahele suruda.

Selliste preparaatide jaoks tehakse samasugune vannike, nagu on ülal juhatatud. Siis kaetakse vannikese siseküljed harjaspintsli abil seguga. Vannikese klaaspõhi määritakse kuumaks aetud seguga ainult piki servi kitsa riba näol.

Määrimine peab toimuma nii hoolikalt, et vannike oleks vedeliku ja õhu suhtes läbilaskmatu.

Preparaadi kinnistamisele võib asuda alles pärast seda, kui segu vannikese seintel on hangunud. Vannikesse kallatakse natuke puhast glütseriini või formaliinilahust ja pannakse siis preparaat esiküljega vastu põhja. Surudes preparaati prepareerimisnõelte abil veidi vastu põhja, valatakse ta ülalt seguga üle. Glütseriin või formaliin ei segune seguga. Seepärast liitub segu hangudes tihedasti vannikese seintega ja moodustab preparaadi sees ruumi, mis on tervena täidetud glütseriini või formaliiniga, milles asetseb objekt. Edasi toimitakse nii, nagu ülal juhatatud.

Glütseriini-äädika želatiiniga ülevalatud preparaatide kohalekinnistamine. Preparaadid, mis on üle valatud glütseriini-äädika želatiiniga, monteeritakse kahe neljakandilise klaasi vahele, mis asetsevad teineteisest 5—6 mm kaugusel. Ühe klaasi neljale servale kleebitakse siledad 5—6 mm paksused ja 2—2,5 mm laiused puuliistud. Kleepimine toimub järgmiselt. Võetakse puhtaks pestud ja kuivaks hõõrutud klaasid. Klaaside ääred kaetakse puuliistude laiuses valge emailvärviga. Pealt riputatakse emailvärv kuiva läbisõelutud puhta liivaga üle. Ööpäeva jooksul kuivab emailvärv ja liiv hakkab tugevasti klaasi külge. Sellele karedale pinnale kleebitaksegi Mendelejev'i kiti abil puuliistud.

Enne liimimist immutatakse puuliistud läbi Mendelejev'i kitiga. Selleks soojendatakse neid (praeahjus või kuivatuskapis) 100—120°-ni ja asetatakse kuumaks aetud Mendelejev'i kitisse. Selles hoitakse liiste vahu kadumiseni, siis võetakse nad pintseti abil välja ja lastakse jahtuda. Liigne kitt puhastatakse liistudelt noaga ära. Liistude klaasile kleepimine toimub pisut suuremal paberitükil, kui on klaas. Edasi aetakse Mendelejev'i kitt kuumaks ja kallatakse metall-lusikaga klaasi ühele äärele. Paksule kuumale kitikihile pannakse kohe puuliist, mis surutakse kerge koormusega ligi. Samal viisil kleebitakse ka teised liistud klaasi külge. Liistud

tuleb nii panna, et liigne kitt voolaks mitte sissepoole raami, vaid väljapoole, allapandud paberile. Peab jälgima, et liitekohal ei jääks liistude vahele pilusid. Selle vältimiseks kastetakse liistude otsad enne klaasile liimimist Mendelejev'i kitisse. Kleebitavate liistude otsad surutakse juba kleebitud liistudele nii tihedalt ligi, et liigne kitt piludest välja tuleb. Valmistatud raam-plaadile asetatakse preparaat.

Glütseriini-äädika želatiin valmistatakse järgmise retsepti järgi. Emailitud kausis sulatatakse 180 g želatiini 500 cm^3 destilleeritud vees. Kauss pannakse väikesele tulele. Pärast želatiini sulamist lisatakse talle 350 cm^3 50%-list äädikhappenaatriumilahust või karboolhapet (arvestusega 0,4% segust). Segu aetakse kergelt keema ja filtreeritakse siis. Filter tehakse kahest marlikihist, mille vahele pannakse vatikord. Enne filtreerimist kallatakse filter keeva veega üle.

Ülevalamise eel pigistatakse preparaadid uuesti kuivaks ja kuivatatakse ööpäeva kestel lappidel või vatil.

Raam-vannike asetatakse täiesti horisontaalselt. Ta täidetakse kuni pooleni soojendatud želatiiniga. Preparaat pannakse želatiinisse.

Preparaati želatiinisse asetades peab jälgima, et preparaadi alla ei jääks õhumulle. Selleks pannakse ta sinna aegamööda. Teda hoitakse nurgi, umbes samuti nagu katteklaasi mikroskoobilise preparaadi katmisel.

Preparaat peab tihedalt vastu klaasi asetsema. Selleks pannakse vannikesse mahutatud preparaadile kerged koormused. Viimased paigutatakse preparaadile mitmesse kohta, eriti sinna, kus ta klaasist eemale hoidub. Koormuste all hoitakse preparaati kuni želatiini hangumiseni. Siis võetakse koormused ettevaatlikult ära ja kallatakse želatiini nii palju juurde, et preparaat oleks täielikult kaetud. Pärast želatiini uuesti hangumist paigutatakse vannike preparaadiga kas formaliiniauru-vanni või 10%-lisse formaliinilahusesse ja kaetakse klaasiga. Mõne tunni pärast asetatakse preparaat püsti, et väljanõrguvat vett eemaldada. Niisuguses asendis hoitakse preparaati vähemalt 2—3 päeva.

Pärast glütseriini-äädika želatiini kuivamist toimub preparaadi lõplik kinnistamine.

Liistud määritakse ülalt Mendelejev'i kitiga. Teine, karedate äärtega klaas (vt. eespool) soojendatakse praeahjus või kuivatuskapis 80—100°-ni ja asetatakse kuumana kitiga määritud liistu-

dele. Ülalt surutakse klaas kergelt koormusega ligi. Ääred seatakse esimese klaasi äärtega ühetasaseks. Ei tule tarvitada raskeid koormusi. Need põhjustavad klaasi pinna paindumist, mille tagajärjel klaasid viimaks murduvad. Pärast teise klaasi pealekleepimist lükatakse õhikpreparaadi ääred kuuma triikrauaga üle. Siis kaetakse nad tisleriliimi abil tumeda riide või paberiribadega. Juhul, kui preparaadi sees hakkab hallitus tekkima või liistude liitekohalt eritub vedelikku, tehakse liistusse tulise peene naaskliga auguke. Selle kaudu juhitakse preparaati kloroformi. Pärast tuleb auguke väljastpoolt paberiga kinni kleepida.

XII. ERITUS.

Teema koht ja tähtsus.

Küsimused, mida käsitellakse teema puhul „Eritus", on tihedasti seotud materjaliga, mida eelmise teema „Toitumine" puhul tundma õpiti. Seal tutvuti toitainetega, nende lõhustumise, imendumise ja omastamisega organismi poolt. Käesoleva teema puhul tutvuvad õpilased aga sellega, millised lagunemis- ja hapendumissaadused tekivad organismis rakkude ja kudede elutegevuse tulemusena, kuidas ja missugusel teel need saadused organismist eemalduvad.

Eritusprotsessidega tutvumine annab õpilastele juba täielikuma ja terviklikuma kujutluse neist muutustest, millele ained organismis alluvad. Need teadmised on ainevahetusprotsessidest tervikliku kujutluse saamiseks tingimata tarvilikud.

Uriini tekkimise protsessiga tutvumisel tuleb rõhutada selle füsioloogilise protsessi keerukust ja võimatust seda pidada lihtsaks füüsikaliseks nähtuseks — filtratsiooniks ja osmoosiks. See materjal tuleb ära kasutada kasvatusliku eesmärgiga, et näidata füsioloogiliste protsesside mehhanistliku ja vitalistliku seletuse alusetust.

Mida õpilased peavad omandama. Antud programmi-osaga tutvumisel peavad õpilased omandama teadmisi järgmises ulatuses.

1. Teadmised anatoomia alalt. Kuse-elundid: neerud, kusejuhad, kusepõis, kusiti. Neerude asetus. Nende ehitus: kest, koor- ja säsi-

ollus, näsad, neeruarteer ja -veen. Verekapillaaride päsmakesed, kihnud, kusetorukesed, epiteel. Naha ehitus: marrasknahk, pärisnahk, nahaalune rasvkude (alusnahk). Higi- ja rasunäärmed. Juuksed (karvad). Lihased.

2. *Teadmised füsioloogia alalt.* Uriin ja selle tekkimine. Uriini koostis: vesi, kusinik, kusihape, kloornaatrium, fosfor- ja väävelhappesoolad ning muud ained.

Primaarne ja sekundaarne uriin. Uriini tekkimine — keerukas füsioloogiline protsess.

Naha funktsioonid; nahk — elund, mis kaitseb organismi niiskusest küllastumise, ärakuivamise, kahjulike gaaside ja haigust põhjustavate mikroobide sissetungimise eest, samuti mehaaniliste vigastuste eest; nahk — erituselund (higi eritumine); naha tähtsus keha temperatuuri reguleerimisel.

Higi ja higi eritumine. Higi koostis: vesi, orgaanilised ja anorgaanilised osised. Higi eritumine — higinäärmete tegevuse tulemus. Higi eritumise pidevus. Higi aurumine. Higi eritumise ülesanne keha temperatuuri reguleerimisel. Higi eritumise sõltuvus ümbritseva keskkonna temperatuurist ja lihaste tegevusest. Rasunäärmete funktsioon.

Haigusnähud, mida nahal põhjustavad ründemürgid (mädahaavandid, villid, ödeemid, paised).

3. *Teadmised keemia alalt.* Süsihappegaas. Ammoniaak. Väävel- ja fosforhappesoolad. Lahuste kontsentratsiooni mõiste. Kusinik.

Elementaarsed teadmised mürkainete — ipriidi ja lüisiidi — füüsikalis-keemilistest omadustest.

4. *Teadmised füüsika alalt.* Aurumine. Aurumise varjatud soojus. Aurumise kiiruse sõltuvus ümbritsevaist tingimustest (temperatuurist, niiskusest, õhuliikumisest). Soojuse äraandmine (soojuse kiirgumine).

5. *Teadmised sanitaarhügieeni alalt.* Naha ja rõivaste puhtus.

6. *Teadmised ründemürkide ja nendevastaste kaitsevahendite kohta.* Kaitseabinõud naha kaudu toimivate ründemürkide vastu: ipriidivastane kaitserõivastus ja jalatsid; gaasivarjendid; mürkide eemaldamine nahalt; silmade pesemine, suu, kurgu ja nina loputamine; duši all pesemine.

Teema läbivõtmise plaan. Materjali tundmaõppimine võib toimuda niisuguses järjekorras. 1. Lagunemise ja hapendumise lõppsaadused. 2. Kuse-elundid. 3. Uriin ja

selle tekkimine. 4. Naha ehitus ja funktsioon. 5. Ründemürgid, mis kahjustavad organismi naha kaudu.

Teemale „Eritus" on kavas ette nähtud 5 tundi. Need võib jagada umbes järgmiselt. Tutvumisele lagunemise ja hapendumise lõppsaadustega, milline küsimus on teemale sissejuhatuseks, ja kuse-elundite ehitusele on määratud 2 tundi. Uriini koostise ja tema tekkimisprotsessiga tutvumisele kulub 1 tund. Mitte vähem kui 1 tunni võtavad naha ehitus, higinäärmete ülesanne keha temperatuuri reguleerimisel ja naha tervishoid. Viiendal tunnil toimub tutvumine ründemürkidega ning kaitseabinõudega nende vastu, ja lõpuks — läbivõetud materjali kordamine.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmiseks.

1. Lagunemise ja hapendumise lõppsaadused.

Sissejuhatava vestluse ülesandeks on anda õpilastele õige käsitus sellest, kuidas tekivad organismis lagunemise ja hapendumise lõppsaadused.

Õpetaja ette kerkib vältimatult küsimus, kuidas selgitada lõppsaaduste tekkimist, kui õpilastel ei ole veel selget kujutlust ainete lagunemisest organismis. Tutvuvad nad ju selle küsimusega lähemalt alles teema „Ainevahetus" käsitlemisel. Et õpetaja ülesannet kergendada, on allpool juhatatud, missuguses järjekorras ja ulatuses võib arendada sissejuhatava vestluse sisu.

Õpilastel on juba teada, et inimese organism saab seede- ja imendumisprotsesside tulemusena endale vajalikke toitaineid — valke, rasvu ja süsivesikuid, vett ja soolasid. Milline on aga nende ainete saatus organismis? Enamikul juhtudel vastavad õpilased, et toitained, mis satuvad peensoolest verre ja lümfi, kantakse kogu orga-

nismi laiali. Organismi rakkudes ja kudedes kuluvad need kudede ülesehitamiseks ja rakkude poolt äratarvitatud ainete täiendamiseks. Peale selle on omastatud valgud, rasvad ja süsivesikud organismile energiaallikaks. Neid teadmisi peab süvendama järgmises suunas. Valkude, rasvade ja süsivesikute lõhustumissaadustest, mis sooltest verre imenduvad, tekivad organismis uuesti valgud, rasvad ja süsivesikud, kuid need valgud ja rasvad on juba teistsugused, omased ainult antud organismile, tema rakkudele ja kudedele. Rakkude ja kudede elutegevusprotsessis alluvad uuestitekkinud ained mitmesugustele muutustele. Viimaste tulemusena tekivad keerukaist rakuaineist lihtsad ühendid. Orgaaniliste ainete keerukat muundumisprotsessi kudede elutegevuses lihtsama koostisega aineiks nimetatakse *lagunemiseks*.

Lagunemissaadused alluvad hapendumisele. Lagunemis- ja hapendumisprotsesside tulemusena tekivad organismis juba uued ained, mida organism enam ei kasuta. Neid aineid nimetatakse *lagunemise ja hapendumise lõppsaadusteks*.

Rasvade ja süsivesikute lagunemisel ja hapendumisel tekivad organismis lõppsaadustena süsihappegaas ja vesi. Keerukamate ainete — valkude — lagunemisel ja hapendumisel tekivad lõppsaadustena peale vee ja süsihappegaasi veel väävel- ja fosforhappesoolad ning lämmastikuühendid — ammoniaak ja kusihape. Enamik neist aineist ei muundu enam. Mõned neist, näiteks ammoniaak ja süsihappegaas, moodustavad uue aine — kusiniku. Kusinik tekib peamiselt maksas.

Lagunemise ja hapendumise lõppsaadused on organismile mitte ainult kõlbmatud, vaid enamasti ka kahjulikud. Nende kogunemine keha kudedesse võib põhjustada organismi enesemürgistust. Need kõlbmatud ja ühtlasi

kahjulikud ained tuleb organismist eemaldada. Lagunemis- ja hapendumissaaduste organismist eemaldamise protsessi nimetatakse e r i t u m i s e k s.

Kuidas erituvad need ained organismist? Neid kantakse vahetpidamatult meie organismist lümfi, kust nad lähevad üle verre. Veri kannab nad eriliste elundite juurde, mis neid organismist eemaldavad. Siin leiame sarnasuse süsihappegaasiga, mis koehingamise tulemusena koguneb verre ja verega kopsudesse kantakse, kust ta väljub.

Kõik lagunemise ja hapendumise lõppsaadused, välja arvatud süsihappegaas, erituvad organismist vees lahustunult.

Millised elundid aga eritavad neid organismist? Õpilased teavad juba, et süsihappegaas ja osaliselt ka vesi erituvad organismist kopsude kaudu. Niiviisi täidavad kopsud hingamisprotsessis ka eritamisfunktsiooni.

Õpilastele tuleb meelde tuletada, et kopsud eritavad peaaegu kogu süsihappegaasi ja teatava hulga vett (umbes 500 cm^3 ööpäevas). Millised elundid eritavad aga ülejäänud lagunemise ja hapendumise lõppsaadusi? Valkude lagunemise ja hapendumise lõppsaadused eemaldatakse vesilahuse näol neerude ja naha kaudu. Neerud eritavad neid uriiniga, naha higinäärmed — higiga.

Kopsude ehitus ja funktsioon on õpilastele juba teada. Seepärast peab nüüd siirduma nende tutvustamisele neerude ja naha ehituse ning talitlusega.

2. Kuse-elundid.

Kuse-elundite anatoomia. Õpetaja ülesandeks on anda õpilastele kujutlus kuse-elundeist ja tutvustada neid neerude makro- ning mikroskoopilise ehitusega.

Kuse-elunditega tutvustamist on kõige parem alustada nende demonstreerimisega mõnel lahatud loomal (küülikul, konnal, rotil). See annab õpilastele otsekohe kujutluse kuse-elundite asetusest kõhuõõnes. Kui lahkamiseks ei ole võimalik looma saada, tuleb piirduda kuse-elundite märgpreparaadi demonstreerimisega. See preparaat tuleb kas muretseda õppeabinõude-kauplusest või endal valmistada.

Demonstreerides lahatud looma või preparaati, näitab õpetaja, et kuse-elundite hulka kuuluvad neerud kusejuhadega ja kusepõis kusitiga.

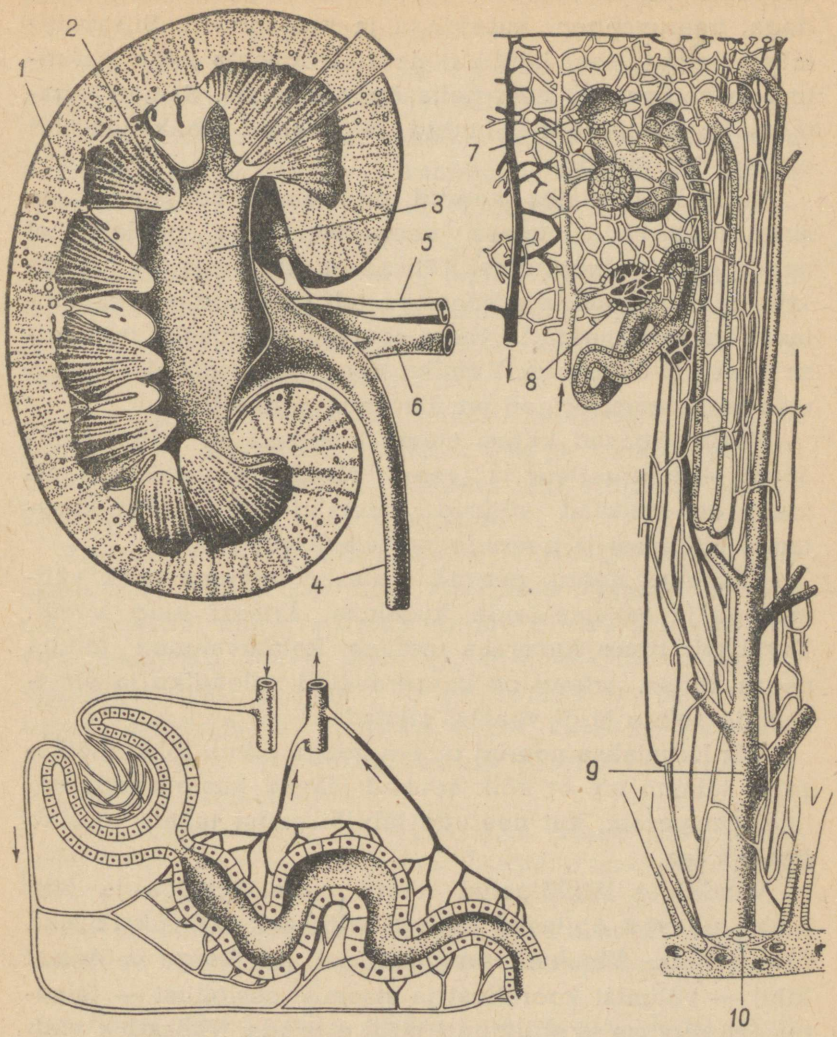
Pärast seda tuleb demonstreerida inimese kuse-elundite ehituse tabelit. Võrdlemisel teevad õpilased kindlaks suure sarnasuse imetajate loomade ja inimese kuse-elundite ehituses.

Töövahendid. Küülik, kass või rott (lahatud). Kuse-elundite preparaat. Tabel „Inimese kuse-elundid".

Kuse-elundite preparaadi valmistamine. Äsjalahatud loomade kõrval võib preparaatide valmistamiseks kasutada loomi, keda on lahatud varem zooloogia tundides või seoses anatoomia ja füsioloogia eelmiste teemade läbivõtmisega. Kuse-elundid prepareeritakse ja monteeritakse klaasitükile niidi abil. Klaas preparaadiga paigutatakse spetsiaalsesse klaassilindrisse või purki, millesse on kallatud 70%-list piiritust või 2%-list formaliinilahust.

Ümmargused purgid moonutavad pisut objektide kujutist, seepärast on parem kasutada neljatahulisi nõusid. Purk preparaadiga suletakse klaasitüki abil. Viimane kleebitakse purgi külge Mendelejev'i kiti või nuuskpiirituse peeneks hõõrutud kohupiimaga.

Praktiline töö: neerude makroskoopiline ehitus. Seejärel asutakse tutvuma neerude makroskoopilise ehitusega. See toimub loodusliku objekti — looma, näiteks sea neerude abil. Enne nende vaatlemist on soovitav tabelit (joon. 77) kasutades selgitada õpilastele neerude ehitust. On täiesti küllaldane piirduda ehituse järgmiste üksikasjade käsitlemisega: kest, koor- ja säsiollus,



Joon. 77. Neeru ehitus: 1 — koorollus; 2 — säsiollus; 3 — neeruvaagen; 4 — kusejuha; 5 — neeruarteer; 6 — neeruveen; 7 — kihn; 8 — kapillaaride päsmake; 9 — kogumistoru, millesse suubuvad vähemad kusetorukesed; 10 — kogumistoru ava.

neerukehakesed tumedate täppide näol, püramiidid nibudega, neeruvaagen, kusejuhad ja veresooned. Siis jagatakse (lamba, sea, küüliku) neerud õpilaste kätte, arvestusega umbes üks neer nelja õpilase kohta. Samuti jagatakse õpilastele välja luubid ja peened konksumurtud otstega traaditükid.

Veise või vasika neerud on vähem soovitavad — need erinevad inimese neerudest selle poolest, et nende pind on köbruline. Köbrud on üksteisest vagudega lahutatud. Iga säärane köber vastab püramiidile. Sel põhjusel on need neerud vähem sobivad esialgseks tutvumiseks neeru ehitusega. Küüliku neerude kasutamisel peab meeles pidama, et neil on üksainus püramiid.

Neerul peavad küljes olema kusejuha ja kaks veresoont — neeruarteer ja -veen. Need on vajalikud selleks, et õpilased võiksid paremini aru saada kuseteede ehitusest ja neerude varustamisest verega.

Käsitelles neeru, peavad õpilased tutvuma tema välimusega ja oskama leida kusejuha, arteeri ning veeni. Tavaliselt ripub kusejuha pehme kokkuvajunud toruna neeru küljes. Arteeri on kerge avatud valendiku ja elastsemate seinte järgi veenist eristada.

Siis lõigatakse neerud terava noaga pikuti lõhki. Lõikamine toimub nii, et kõik sooned jäävad ühele neerupoolele. On parem, kui neerude läbilõikamist tunnis teostab õpetaja ise.

Vaadeldes läbilõigatud neeru palja silmaga ja läbi luubi, peavad õpilased kõik tabelil esitatud üksikasjad üles otsima. Värskeil preparaatidel on kerge mõlemat kihti — välimist koorollust ja sisemist säsiollust — teineteisest värvuse ja struktuuri järgi eristada. Väliskihis võib näha neerukehakesi — kihnudesse suletud verekapillaaride päsmakesi. Need on luubis nähtavad tumedate punktidena. Säsiolluses leiavad õpilased ilma vaevata püramii-

did nibudega. Need on suunatud neeruvaagna valendikku. Püramiidid on pikitriibulised, triipude suunaga koorollusest nibudesse. Nibude tipul on luubis märgata augukesi. Nende augukeste kaudu imbub tilgakestena uriin.

Lõikepindadel on hästi näha ka neeru veresooned: neeruarteeri ja -veeni harunemine neerukoes endas. Neeruarteeri ja -veeni võivad õpilased näha ainult sel juhul, kui hangitud neerudel on pikad veresoone lõigud. Kaunis suuri soonelõikusid ja nende ristilõikepindu võib tavaliselt jälgida püramiidide vahel ning koor- ja säsiolluse vahelisel piiril. Püramiidides ja neeru pinnal on näha hulk veresoonte pisimaid harusid.

Arteeride ja veenide harude leidmist kergendab märksa see, kui konksumurtud otsaga traadilõik pista arteeri ja veeni valendikku. Samasuguse võtte abil leiame kusejuha ühenduse neeruvaagnaga.

Kasutades looduslikke objekte ja tabelit teevad õpilased neeru läbilõigust oma vihikuisse skemaatilise joonise. Joonisel märgivad nad kõigile üksikasjadele vastavad pealkirjad. Pärast seda asutakse käsitlema neerude mikroskoopilist ehitust. Uriini tekkimise protsesside õigeks mõistmiseks on tarvis selget kujutlust kusetorukeste ehitusest ja verekapillaaride võrgust, millega neerud on läbi põimunud.

Töövahendid. Lamba, sea või küüliku neerud (laudade arvu järgi). 1—2 veise või vasika neeru. Luubid. Peened traaditükid. Tabel „Neer läbilõikes".

Neeru mikroskoopiline ehitus. Neeru mikroskoopilise ehitusega tutvumine algab tabeli vaatlemisega[1]. Tabeli

[1] Neeru mikroskoopilise ehitusega tutvumist ei ole tarvis liigsete terminite ja üksikasjadega keeruliseks teha. Nii võib näiteks termini „Bowman'i kihn" asemel piirduda terminiga „kihn". Ei tule ka mainida selliseid detaile, nagu Henle silmus, Verheyn'i kiir jne.

vaatlemisel pööratakse tähelepanu kusetorukeste ehitusele. Jälgitakse nende kulgu läbi neeru koor- ja säsiolluse, kihnust kuni nibu tipuni. Juhitakse tähelepanu sellele, et kusetorukeste seinad on vooderdatud epiteeliga. Näidatakse samuti, et igasse kihnu tuleb peen arteeriharuke, mis moodustab päsmakese. Päsmakese kapillaarid ühinevad viimasooneks. See suundub väänttorukeste juurde, kus ta uuesti haruneb ja moodustab kapillaaride võrgu, mis tihedalt ümber torukeste seinte põimub. Torukeste arteriaalsed kapillaarid muutuvad venoosseiks. Uurides neerude ehitust avastas neerukehakesed esmakordselt tuntud itaalia teadlane Marcello Malpighi (1638—1694). Selle teadlase auks saidki neerukehakesed Malpighi kehakeste nimetuse.

Läbi neerude voolab tohutu hulk verd, keskmiselt 500—600 liitrit ööpäevas. Vereringe toimub neerudes erakordselt energiliselt, ületades vereringe enamikus teistes elundites 20 korda. Neerusid läbiva vere hulk ühes minutis ületab 2½ korda neerude endi kaalu; nii voolab neist, kui mõlemad neerud kaaluvad 300 g (kumbki 150 g), minuti jooksul läbi 750 cm^3 verd ehk niisama palju, kuipalju selle aja jooksul voolab verd läbi alumiste jäsemete. Teiste sõnadega, inimese kogu verehulk voolab läbi neerude iga 5—10 minuti jooksul. Sellega saavutatakse tarbetute ja kahjulike lagunemis- ja hapendumissaaduste kiire eemaldumine organismist.

Neeru mikroskoobilise preparaadi demonstreerimine. Pärast tabeliga tutvumist siirdutakse neerude koorolluse mikroskoobiliste preparaatide vaatlemisele. Varemalt valmistatud tabeli järgi näitab õpetaja õpilastele, mida nad mikroskoobi all võivad näha.

Vaadelnud tabelit ja preparaati, joonistavad õpilased kusetorukeste ehituse skeemi. See on tarvilik ka veel sellepärast, et õpikus säärast joonist pole; neerude

mikroskoopilist ehitust ennast on aga käsiteldud väga lühidalt ja mitteküllaldase selgusega.

Töövahendid. Neeru koorolluse mikroskoobilised preparaadid (mikroskoopide arvu järgi). Tabelid: „Neeru koorollus mikroskoobis", „Neeru ehitus" (mikroskoobilise preparaadi järgi valmistatud endatehtud tabel), „Kusetorukeste ehituse skeem".

Neeru mikroskoobilise preparaadi valmistamine. Kui ei ole võimalik neeru koorollusest muretseda valmis mikroskoobilisi preparaate, siis tuleb need endal valmistada. Endatehtud preparaatidel on vahel mõningaid eeliseid, võrreldes valmis preparaatidega. Vaadeldes valmis preparaati võivad õpilased saada kujutluse ainult sellest, kui rikas on koorollus Malpighi kehakestest. Valmis preparaadi abil anda kujutlust vääntorukestest on kaunis raske. Tavaliselt on mikroskoobi vaatepiiril neerukehakeste kõrval näha torukeste risti- või viltulõikusid. Et demonstreerida vääntorukeste kulgu, tuleb preparaati edasi nihutada, paigutades teda eri osadega mikroskoobi vaatepiirile. Säärane demonstreerimine nõuab palju aega, seepärast on soovitav kasutada endatehtud preparaate. Neid võib valmistada mitmesuguste loomade — vasika, veise, sea, lamba — fikseeritud või värsketest neerudest.

Terava habemenoaga tehakse neeru koorollusest õhukesed lõigud, mis pannakse lahjendatud violetse tindi lahusesse. Lõigud värvuvad võrdlemisi aegamööda, seepärast tuleb preparaadid valmistada tunni eelpäeval. Endatehtud preparaadid kujutavad endist paksemaid lõikusid. Neil jääb osa torukesi puutumatuks ja torukeste vääniline kuju on hästi näha.

Mikroskoobi vaatepiiril võib täheldada torukesi, mis algavad otse kihnudest. Viimaseid on näha nii läbilõigatult kui ka pinnalt. Endatehtud neerupreparaate peab vaatlema väikesel suurendusel (35—75 korda).

Töövahendid. Vasika, sea, veise või lamba neerud. Mikroskoop. Habemenuga. Eseme- ja katteklaasid. Uuriklaas lõikude värvimiseks. Violetne tint.

3. Uriin ja uriini tekkimine.

Vedelikku, mida neerud eritavad, nimetatakse kuseks (uriiniks). Milline on selle vedeliku koostis? Kuidas toimub tema tekkimine neerudes? Need on küsimused, mille

käsitlemisele õpetaja siirdub pärast õpilaste tutvustamist neerude ehitusega. Selle materjali esitamine toimub loengu kujul koos preparaatide ja tabelite demonstreerimisega.

Uriini koostis. Uriin koosneb veest (95%) ja tahkeist aineist (5%). Tahkete ainete olemasolu uriinis on kerge tõestada, lastes esemeklaasile pandud uriinitilga piiritusLambi leegi kohal ära aurata. Esemeklaas antakse õpilastele vaatlemiseks. Kusiniku ja soolade kristalle võib luubis juba kümnekordsel suurendusel hästi näha. Seda liiki preparaatide demonstreerimiseks on soovitav neid aegsasti 10—15 tükki valmistada. Need antakse ühes luupidega õpilaste kätte.

Uriinis lahustunud ainete hulgas leidub niihästi anorgaanilisi kui ka orgaanilisi aineid. Ööpäevas eritab inimene keskmiselt 1500 cm^3 uriini. See sisaldab umbes 60 g kuiva jääki, millest 25 g on anorgaanilisi ja 35 g orgaanilisi aineid. Kokku on uriinis umbes 150 ainet. Ei ole mingit vajadust uriini koostisse kuuluvaid aineid loetella. Piisab, kui nimetada peamised koostusosad. Selleks märgitakse tahvlile järgmised andmed:

Uriini koostise tabel (1500 cm^3-s).

Uriini orgaanilised koostusosad grammides		Uriini anorgaanilised koostusosad grammides	
Naatriumi, kaaliumi, magniumi, kaltsiumi ja ammooniumi soolhappe-, väävelhappe-, fosforhappe-, soolasid	24,8	Kusinikku	30,0
Teisi aineid	0,2	Kusihapet	0,7
		Teisi aineid	4,8
		(Starling'i järgi)	

Nende andmete vaatlemine konkretiseerib õpilaste kujutlust uriini koostisest ja näitab neile sellesse koos-

tisse kuuluvate ainete mitmekesisust. Tabelist on näha, et inimese uriini orgaaniliste koostusosade hulgas on ülekaalus kusinik [1]. See väärib üksikasjalisemat käsitlemist. Õpilastele tuleb veel kord meelde tuletada, et kusinik moodustub lämmastikuühendite lagunemise ja hapendumise lõppsaadustest maksas, millisest protsessist võtavad osa süsihappegaas ja ammoniaak.

Töövahendid. 2—3 cm^3 mingi looma või inimese uriini. Tugeva suurendusega luubid (või ekskursiooniluubid). Piirituslamp. Esemeklaasid. Tikud.

Katsed kusinikuga. Et konkretiseerida õpilaste kujutlusi kusinikust, võib teha järgmisi elementaarseid katseid:

1. Võetakse kaks katseklaasi. Ühte (see peab kuiv olema) puistatakse natuke kusinikku [2], teise kallatakse ühe kolmandiku ulatuses vett. Õpilastel lastakse kusinikku vaadelda ja kindlaks teha, kas tal on lõhna ning kas ta lahustub vees. Tulemusena märgitakse, et kusinik on kristalne, lõhnatu, vees hästi lahustuv aine.

2. Ammoniaagi eritumist kusinikust demonstreeritakse järgmise katsega. 10 cm^3-le 20%-lisele kusinikulahusele lisatakse 3 cm^3 10%-list naatrium- või kaaliumhüdroksüüdi. Katseklaasi suule pannakse mõned ribad punast veega niisutatud lakmuspaberit. Pealt kaetakse katseklaas klaasitükiga (esemeklaasiga). Katseklaasi sisu soojendatakse piirituslambil. Soojendamisel jälgitakse lakmuspaberi värvust. Ammoniaagist erituvate aurude mõjul muutub lakmuspaber siniseks. Reaktsioon toimub valemi järgi [3]:

$$CO(NH_2)_2 + 2Na_2OH = Na_2CO_3 + 2NH_3.$$

---

[1] Lindudel ja reptiilidel on valkude-ainevahetuse peamiseks lõppsaaduseks kusihape, amfiibidel ja kaladel — kusinik.

[2] Kusinikku saab apteegist osta.

[3] Katse seletamisel ei ole tarvis keemilist reaktsiooni tuua.

Kusinikust ammoniaagi eritumise katset võib teha ka teisiti. Katseklaasi pannakse väike kogus kusinikku. Seejärel kaetakse katseklaas vees niisutatud lakmuspaberiga ja soojendatakse ettevaatlikult piirituslambil. Kusiniku kristallid sulavad ja hakkavad siis keema, eritades ammoniaaki. Viimase eritumist tuntakse lõhna ja punase lakmuspaberi siniseks värvumise järgi.

Töövahendid. Statiiv katseklaaside jaoks. Katseklaas. Piirituslamp. Punane lakmuspaber. Kusinik. 10%-line kaalium- või naatriumhüdroksüüdi-lahus.

Kusiniku avastamine. Õpilastele on huvitav esitada ka mõningaid ajaloolisi andmeid. Kusiniku avastas Rounelle 1778. a. Esmakordselt valmistas teda kunstlikult 1828. a. kuulus saksa keemik Fr. Wöhler. Wöhler'i avastusel oli suur tähtsus bioloogia ajaloos. See oli esimene juhtum, kus valmistati kunstlikult orgaanilist ainet. Wöhler näitas, et orgaanilist ainet võib saada ka väljaspool elavaid organisme. Orgaanilise aine kunstlik valmistamine murdis täiesti vitalistide väite, nagu toimuks orgaaniliste ainete tekkimine mingi erilise „elujõu" osavõtul.

Uriini tekkimine. Uriini tekkeprotsessi seletamiseks on terve rida teooriaid. Keskkoolis ei ole vajadust õpilasi nendega tutvustada. Õpilastele arusaadaval kujul tuleb näidata, et uriini tekkimine on keerukas füsioloogiline protsess, mis on tingitud neerukoe tegevusest.

Uriini tekkeprotsessis peab selgesti eristama kaht järku: 1) primaarse uriini tekkimine kihnudes ja 2) sekundaarse uriini tekkimine vääntorukestes. Kihnudes tekib lahja uriin, mis koostiselt sarnaneb vereplasmaga. Tal puuduvad ainult valgud, sest need ei pääse kihnude seintest läbi. Seda lahjat uriini nimetatakse p r i m a a r s e k s uriiniks.

Primaarse uriini moodustamisest võtavad osa rakud, mis vooderdavad kihnude seinu.

Primaarse uriini kulgedes läbi vääntorukeste imendub osa vett ja mõningaid aineid, nagu suhkur ja amiinhapped, tagasi verre. Seepärast on sekundaarsel uriinil, mis voolab neeruvaagnasse, teine koostis. Uriini ja plasma koostise erinevust näeme järgmisest tabelist.

Tabel mõningate ainete sisaldusest vereplasmas ja uriinis (protsentides).

Sisaldub	Vere-plasmas	Uriinis	Mitu korda rohkem
Kusinikku	0,03	2,0	60
Kusihapet	0,004	0,05	12
Suhkrut	0,1—0,15	jäljed	—
Valke	7,0	pole	—
Fosforhappesooli . .	0,009	0,15	16
Väävelhappesooli . .	0,002	0,18	90

Toodud tabelist nähtub, et kusiniku, kusihappe ja soolade kontsentratsioon on lõplikus uriinis kõrgem kui vereplasmas. Uriinis puuduvad valgud, amiinhapped ja suhkur. Vee ja mõnede ainete tagasiimendumine kusetorukestest on tingitud neid torukesi vooderdavate epiteelirakkude tegevusest. Selle tõestamiseks ei ole liigne tuua järgmisi iseloomustavaid fakte. Kusetorukeste epiteelirakkude mürgistuse puhul ei toimu uriini tihenemist. Uriin jääb lahjaks, tema koostis sarnaneb esialgse uriini omaga. Järelikult vee ja soolade tagasiimendumine verre toimub ainult tänu elavatele epiteelirakkudele.

Soolade kontsentratsioon on lõplikus uriinis kõrgem kui vereplasmas. Kuid vee imendumine toimub uriinist verre, mis ei vasta nähtustele, mida täheldame osmoosi puhul. On teada, et kui kaks erineva sooladesisaldusega lahust lahutada pool-läbilaskva vaheseinaga, siis siirdub vesi sellest lahusest, kus soolade kontsentratsioon on

madalam, sellesse, kus see on kõrgem. Kusetorukestes ilmneb aga vastupidine nähtus. Järelikult on kusetorukeste seintel teised omadused kui surnud füüsikalisel pool-läbilaskval vaheseinal.

Et rõhutada neerukoe tegevuse tähtsust uriini tekkeprotsessis, võib täiendavalt tuua järgmisi fakte. Töötavais elundeis toimub hapendumisprotsesside suurenemine. Järelikult võib tarvitatava hapniku hulga järgi otsustada nende töö intensiivsuse üle. Neerudesse tuleva ja sealt väljavoolava vere hapnikusisalduse kindlaksmääramine on näidanud, et neerud kulutavad väga palju hapnikku. Neerude kaal ei ületa $^1/_{162}$ kehakaalust, nende poolt tarvitatava hapniku hulk võrdub aga $^1/_{11}$ kogu hapnikust, mida organism kulutab tervikuna. Seejuures täheldatakse neerudes suure hulga soojuse tekkimist. Neerude temperatuur on töötamise ajal neisse voolava vere temperatuurist 0,5° võrra kõrgem.

4. Naha ehitus ja funktsioonid.

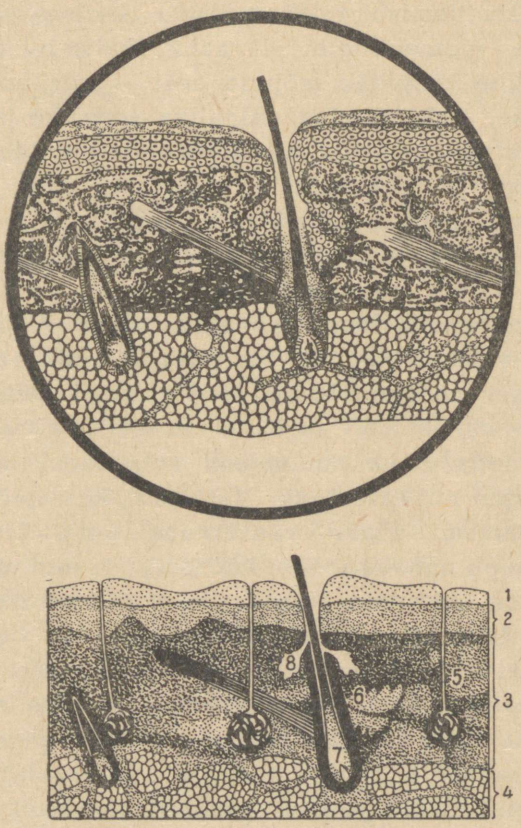
Moodustades organismi väliskatte, täidab nahk mitmesuguseid ülesandeid. Teema „Eritus" käsitlemisel ei tule õpilasi tutvustada naha kõigi funktsioonidega. Piisab, kui vaadeldakse nahka organismi kaitse-elundina kahjulike välismõjutuste eest, käsitellakse tema tähtsust erituprotsessides ja keha temperatuuri reguleerimisel.

Selle küsimuse läbivõtmine toimub vestluse või loengu kujul koos tabeli „Naha ristilõik" ja naha mikroskoobiliste preparaatide demonstreerimisega.

Naha ehitus. Enne kui siirduda naha funktsioonide tundmaõppimisele, on vaja õpilasi tutvustada tema ehitusega.

Kujutlus naha ehitusest antakse tabeli järgi (joon. 78). Esitatav tabel erineb stabiilse õpiku vastavast joonisest

selle poolest, et temal on peale muude üksikasjade kujutatud ka veresooned. Sellele detailile naha ehituses on väga tähtis õpilaste tähelepanu juhtida. See kergendab



Joon. 78. Nahk (preparaat ja skeem).

higi eritumise ja keha temperatuuri reguleerimise protsessi mõistmist. Täienduseks vaadeldakse mikroskoobi all naha preparaati.

Naha ehituse selgitamisel on täiesti küllaldane piirduda õpikus esitatud materjaliga.

Naha funktsioonid. Andnud kujutluse naha ehitusest, siirdub õpetaja tema funktsioonide selgitamisele. Selle küsimuse käsitlemisel tuleb õpilaste tähelepanu suunata järgmistele momentidele: 1) nahk kaitseb organismi kõikvõimalike kahjulike mõjude eest — niiskusest liigse küllastumise, ärakuivamise, kahjulike vedelike ja gaaside ning haigust põhjustavate mikroobide sissetungimise, soojuse kaotuse ja mehaaniliste vigastuste eest; 2) naha kaudu eemalduvad organismist higi eritumise teel mõned lagunemis- ja hapendumissaadused; 3) nahk võtab osa keha temperatuuri reguleerimisest.

Naha kaitsefunktsioon. Kõneldes naha kaitsefunktsioonist on vaja tähelepanu juhtida sarvkihi tähtsusele veevahetuses väliskeskkonna ja organismi vahel. Tihe, naharasust küllastunud sarvkiht kaitseb niiskes õhkkonnas või veega kokkupuutumisel sügavamal asetsevaid kudesid liigse niiskuse eest. Vastupidi, kuivas õhus kaitseb ta organismi liigse veekaotuse eest. Mehaanilisi mõjutusi, nagu näiteks lööke, hõõrumisi ja muljumisi, nõrgendab nahk tunduvalt. Nahaosadele, mis on alatise muljumise all, tekivad sarvkihi paksendid. Läbi vigastamata nahakatte ei tungi üldse mikroobid — haiguste tekitajad, keda külluses leidub väliskeskkonnas ja naha enda pinnal. Marrasknaha süvades kihtides sisaldub pigment, mis nahale annab iseloomuliku värvuse. Päikesekiirte mõjul toimub pigmendi hulga suurenemine (päevitus).

Naha eritusfunktsioon. Puudutades higi eritumise küsimust on vaja peatuda tema tähtsusel erituprotsessides ja tema ülesandel keha temperatuuri reguleerimisel.

Higinäärmed eritavad higi, mis koosneb 98% veest ja 2% tahkeist aineist; neist kuulub 1,5% anorgaaniliste ja

0,5% orgaaniliste ainete hulka. Anorgaaniliste ühendite keskel on ülekaalus keedusool (kloornaatrium), orgaaniliste ainete hulgas — kusinik.

Higinäärmed on nahas ebaühtlaselt jaotunud. Nii tuleb 1 cm^2 kohta:

Peopesas	1000	higinääret
Talla-aluses	500	„
Rinnal ja kõhul	255	„
Otsaesisel	172	„
Reiel ja säärel	79	„
Seljal	57	„

(Krause järgi)

Higinäärmete suures hulgas ei ole raske veenduda. Võib korraldada järgmise katse. Hästi puhtaks pestud sõrmele pannakse mõneks minutiks tükk valget paberit. Pärast seda niisutatakse paberit põrgukivilahuses (hõbenitraadis) ja pannakse valguse kätte. Mõne aja pärast tekib paberile hulk väikesi musti täppe. Täpid on higinäärmete viimajuhade avade jäljendid. Nad muutuvad nähtavaks higi ja põrgukivi vastastikuse mõjutuse tulemusena valguse käes.

On huvitav märkida, et sellistel koduloomadel, nagu hobusel ja lambal, on suur hulk higinäärmeid, mis on jaotunud üle kogu naha. Kassidel ja koertel eritub higi ainult käpapadjakeste paljastelt pindadelt. Kitsedel, küülikutel, rottidel ja hiirtel on higinäärmeid väga vähe.

Higi eritub vahetpidamatult. Tavaliselt ta aurub otsekohe ja jääb seepärast märkamatuks. Erituva higi hulk sõltub tingimustest, milles organism viibib. Keskmiselt eritub ööpäeva jooksul 700—1000 cm^3 higi. Kuumades töökodades töötavad töölised eritavad oma töötingimuste tõttu suure hulga vedelikku (8—9 l tööpäeva kohta). Kogu see veehulk eritub peamiselt naha ja kopsude kaudu. Seejuures eritub higiga nii palju keedusoola ja muid soo-

lasid, et organism ja uriin vaesuvad neist. Soojas kliimas võib higi eritumine raske füüsilise töö puhul tõusta 10—15 liitrini ööpäevas.

Naha ülesanne keha temperatuuri reguleerimisel. Naha osavõtt keha temperatuuri reguleerimisest on naha tähtsamaid funktsioone. Sellel küsimusel tulebki üksikasjalisemalt peatuda.

Inimese organismis tekib lakkamatute lagunemis- ja hapendumisprotsesside tagajärjel pidevalt soojust. On kindlaks tehtud, et kui soojus, mis organismis täieliku puhkuse puhul tekib, mitte sugugi ümbritsevasse keskkonda ei hajuks, siis tõuseks keha temperatuur iga tunniga 2,3° võrra. Mõne tunni pärast ta saavutaks taseme, mille puhul valgud kalgastuksid ja elu lakkaks. Kuivõrd suur võib olla see soojusehulk, seda näitab järgmine asjaolu. Raske füüsilise töö puhul tekib inimese organismis ööpäeva jooksul kuni 5000 suurt kalorit soojust. Säärase soojusehulgaga võib 50 l vett keemistemperatuurini soojendada. Ometi püsib terve inimese kehatemperatuur kuuma ja külma, puhkuse ja töö puhul ühel tasemel — 36 kuni 37°. Mis põhjustab keha temperatuuri konstantsust?

Ühes soojuse tekkimisega toimub inimese kehas pidevalt ka soojuse kadu. Viimane toimub kolmel teel: 1) soojuse vahetu loovutamisega nahapinnaga kokkupuutuvale õhule; see sünnib siis, kui ümbritseva õhu temperatuur on keha temperatuurist madalam; 2) higi aurumise teel naha pinnalt, niiskuse aurumise teel hingamisteede pinnalt ja sülje kaudu, mis niisutab suuõõne limaskesta; 3) kiirgumise teel.

Higi, niiskuse jne. aurumise jahutav toime rajaneb sellele, et auruv vesi neelab palju soojust (aurumise varjatud soojus). Nii kaotab nahk oma pinnalt 1 g vee aurumisel 0,54 kalorit soojust.

Puhkuse puhul toimub organismi soojusekaotus järgmiselt: 1) vahetule soojuse äraandmisele langeb 70—75%; 2) niiskuse aurumisele 18—25%; 3) ühes erituvate roojahulkade ja uriiniga kaob 5—10%.

Pingsa töö puhul need vahekorrad muutuvad. Siis langeb higi aurumisele kuni 95% soojusekaotusest.

Higi aurumisel on eriline tähtsus inimese suhtes, kes on seotud füüsilise tööga kuumas töökojas. Ainult higi aurumise tõttu, mis neelab suure hulga soojust, ei toimu sellistes tingimustes organismi liigset soojumist. Sellega seletubki, et inimene tunneb ennast soojas kuivas õhus hästi ja, vastupidi, talub vaevaga viibimist soojas, veeaurudest küllastunud õhus.

Et õpilastele suurema veenvusega näidata, missuguse suure hulga soojust higi aurumisel neelab, võib neil kodus lasta lahendada järgmise ülesande: sooja ilmaga aurub naha kaudu ööpäeva jooksul 3000 cm^3 vett. Palju soojust loovutab keha selle soojusehulga aurumisel? [1]

Ülestähendused vihikuisse. Vestluse üksikute momentide kinnistamiseks õpilaste mällu lastakse neil vihikuisse märkida andmed higi koostise kohta, higinäärmete jaotuse kohta nahas ja soojuse hulga kohta, mida aurumisel neelab 1 kg vett. Samuti võib kodus lasta vihikuisse joonistada stabiilse õpiku naha-ehituse joonise. Seda joonist peavad õpilased täiendama veresoonte juurdemärkimisega.

Töövahendid. Naha mikroskoobilised preparaadid (mikroskoopide arvu järgi). Mikroskoobid. Puhas paber. Põrgukivi. Tabel „Naha ristilõik".

Naha tervishoid. Vestluseks selle küsimuse üle kasutatakse õpikus antud materjali.

---

[1] 1 kg vee auruks muutmiseks kulub 539 suurt kalorit (100°-se temperatuuri ja tavalise atmosfäärirõhu puhul).

Saadud teadmised naha ehitusest ja funktsioonidest selgitavad õpilastele naha puhtuse hoidmise vajadust. Peatähelepanu tuleb vestluses pühendada sanitaar-hügieenilistele vahenditele, mis on vajalikud naha normaalseks tegevuseks (saun, dušš, sagedane sooja vee ja seebiga pesemine).

5. Ründemürgid, mis kahjustavad inimese organismi naha kaudu.

Tunniks on vaja õppekomplekt ründemürke, Armee Abistamise Vabatahtliku Ühingu poolt väljaantavaid plakateid õhu- ja gaasikaitse alalt ning tabel „Naha ehitus".

Nahasse sööbivate ründemürkidega tutvumisel tuleb arvestada kõiki neid metoodilisi kaalutlusi, mis on toodud peatükis „Hingamine" („Ründemürgid, mis kahjustavad inimese organismi kopsude kaudu").

Ipriit ja lüisiit. Ründemürke, mis kahjustavad organismi naha kaudu (nahasse sööbivaid), on kaunis palju. Selle piiratud aja jooksul, mis on määratud selle küsimuse tundmaõppimiseks, oleks tutvumine kõigi nahasse sööbivate ründemürkidega liiga pealiskaudne ega saavutaks oma eesmärki.

Seepärast soovitame peatuda kõige tüüpilisemail neist — ipriidil ja lüisiidil. Kuid tutvumist ipriidi ja lüisiidiga tuleb teostada nii, et õpilased õpiksid nende mürkide kaudu tundma, kuidas ründemürgid mõjuvad naha kaudu organismisse ja missuguste abinõudega saab nahka nende vastu kaitsta.

Tutvumine nahasse sööbivate ainetega toimub vestluse teel.

Enne vestluse alustamist peab õpetaja mõnede suunavate küsimuste abil kontrollima, mida õpilased ründemürkidest teavad.

Pole vajadust käsitella ründemürkide keemilist koostist. On täiesti küllaldane piirduda viitega sellele, et ipriidi peamisteks koostusosadeks on väävel ja kloor, lüisiidil — kloor ja arseen. Nende ainete mürgisus on õpilastel juba keemia kursusest teada.

Demonstreerides ründemürkide õppekomplektist katseklaase imiteeritud ipriidi ja lüisiidiga, tutvustatakse õpilasi nende mürkidega välispidiselt. Juhitakse tähelepanu nende iseloomulikule lõhnale.

Ipriit ja lüisiit kahjustavad inimese organismi aurutaolises, udutaolises ja tilkvedelas olekus.

Missugune on nende ainete mürgisus?

Ipriidi kontsentratsioon 0,7 mg liitri õhu kohta mõjub inimesele poole tunni jooksul surmavalt.

Haruldase mürgisuse pärast nimetatakse ipriiti „gaaside kuningaks". Inglased nimetasid teda iseloomuliku lõhna pärast, mis meenutab sinepi oma, sinepigaasiks; prantslased andsid talle koha järgi Prantsusmaal, Ypres'i jõel, kus seda gaasi Esimeses Imperialistlikus Maailmasõjas esmakordselt tarvitati, ipriidi nimetuse.

Lüisiit. Lüisiit (levisiit) on tunduvalt suuremal määral mürgine. Tema kontsentratsioon 0,048 mg liitri õhu kohta mõjub poole tunni jooksul surmavalt. Kontsentratsioon 0,334 mg liitri õhu kohta põhjustab tugevat naha muutumist. Lüisiit ei mõju mitte üksnes nahale, vaid põhjustab organismi üldmürgistust, millele järgneb surm.

Lüisiidi leiutas Esimese Imperialistliku Maailmasõja lõpul (1918. a.) ameerika keemik Lewis. Selle keemiku nime järgi kutsutaksegi seda gaasi lüisiidiks. Tugeva toime pärast nimetasid ameeriklased teda ka veel „surmaroosteks". Tema lõhn meenutab geraaniumi lõhna [1].

Ründemürkide toime nahasse. Kuidas kahjustavad aga ründemürgid nahka? Nahamürkide peaomaduseks on nende võime nahale koguneda. See on tingitud sellest, et ipriit ja lüisiit on ained, mis rasvades kergesti lahustuvad. Naha pindmine kord on aga alati naharasuga kaetud. Antud juhul on nahk justkui lõksuks ründemürkidele.

Meenutame, et marrasknaha rasuga immutatud sarvkihi all asetseb elavate, energiliselt paljunevate epiteelirakkude kiht. Need rakud on mürkide suhtes erakordselt tundlikud. Keskel asetseb pärisnaha keskkiht, milles lei-

---

[1] Ipriit — dikloor-dietüülsulfiid — $S<^{CH_2-CH_2Cl}_{CH_2-CH_2Cl}$

Lüisiit — kloorvinüül-dikloorarsiin — $As<^{CH-CHCl}_{Cl}{}_{Cl}$

dub suur hulk vere- ja lümfisooni ning samuti närvilõpmeid. Mürgid, mis tungivad sellesse kihti, hävitavad rakud ja põhjustavad naha kärbumist. See viib tundlikkuse kadumisele ja põletike tekkimisele kahjustatud kohtadel. Põletikega kaasnevad tursed, mädahaavandid ja paised. Mürgid, tungides lümfi ja verre, levivad kogu organismis. Nad põhjustavad organismi üldmürgistuse, mis sageli lõpeb surmaga.

Tutvustanud õpilasi kahjustustega, mida tekitavad nahasse sööbivad ründemürgid, tuleb lühidalt kirjeldada, kuidas need kahjustused inimesel avalduvad. Vestluse ajal naha kahjustustest mürkidega peab kasutama tabelit „Naha ehitus" ja plakateid või jooniseid kõige iseloomulikumate nahasse sööbivate mürkide poolt põhjustatud nahavigastuste kujutistega.

Kaitsevahendid ründemürkide vastu. Seepeale siirdutakse õpilaste tutvustamisele mürgistuste ravimise põhivahenditega. Siin tuleb selgelt eristada: 1) profülaktilise iseloomuga vahendeid, mille eesmärgiks on mürgistust ära hoida sel ajal, kui ei ole veel tema selgeid tunnuseid, ja 2) puht raviva iseloomuga vahendeid, mis võetakse tarvitusele siis, kui mürgistus juba on ilmnenud.

Ründemürkide-vastaste profülaktiliste ja ravivate vahendite kirjeldust võib leida igast populaarteaduslikust brošüürist [1].

Kokkuvõttes käsitellakse individuaalseid ja kollektiivseid kaitsevahendeid nahasse sööbivate ründemürkide vastu: ipriidivastane kaitserõivastus ja jalatsid, gaasivarjendid ja degaseerimise vahendid.

Punase niidina peab kogu vestlust läbima mõte, kui erakordselt tähtis on igal õpilasel omada miinimum teadmisi gaasikaitsest. Neid teadmisi ja praktilisi oskusi või-

[1] Ründemürke käsitleva kirjanduse loetelu on antud lk. 248.

vad nad omandada Armee Abistamise Vabatahtliku Ühingu kooliringide tööst osa võttes.

Töövahendid. Ründemürkide õppekomplekt. Tabel „Naha ehitus". Seeria plakateid õhu- ja gaasikaitse alalt. Plakatid või pildid ründemürkide põhjustatud nahavigastuste kohta.

Klassivälised tööd teema puhul „Eritus".

Vereringe jälgimine konna neerus. Võimalus konna või triitoni neerudes vahetult vereringet vaadelda pakub õpilastele suurt huvi. Kahjuks pole selle katse korraldamine kerge. See nõuab kannatust ja teatavaid oskusi, aga hea tahtmise juures on need raskused ületatavad.

Katse korraldamiseks võetakse väiksem emane konn. Ta tehakse 10—20 minutiks 5—10%-lisse piirituselahusesse panemise teel liikumatuks. Konn kinnistatakse kork- või turvasplaadile külgasendis nii, et tema nimmepiirkond asetseks plaadi ühele pikiäärele tehtud aval. Nahk, lihased ja kõhukelme lõigatakse umbes külje keskkohalt läbi. Seejuures peab vältima veresoonte vigastamist, vastasel korral võib suur verejooks muuta vereringe jälgimise neerus võimatuks. Siis pannakse konn selili ja lükatakse sisikond vatitampooniga ettevaatlikult kõrvale. Kõhukelme seinmisest nimmeosast lõigatakse lahti väike tükike. Tõmmanud selle tükikese pisut eemale, kinnistatakse ta nööpnõeltega niiviisi korkplaadile, et plaadi ava kohale tuleb neer. Alumine naha- ja lihasetükk tõmmatakse niidi abil ava kohalt kõrvale.

Vaatlusi toimetatakse koolimikroskoobi väikesel suurendusel tugeva elektripirni valgustusel (soovitav 250—500 küünalt). Kuivamise vältimiseks niisutatakse neeru aeg-ajalt külmaverelistele määratud Ringer'i lahusega. Vaatluseks on sobivam see osa neerust, mis asetseb neeru välise serva ja neerupealise vahel.

Õnnestunud preparaadil võib jälgida vere liikumist mööda arteriaalseid ja venoosseid sooni (milliseid on verevoolu suuna järgi kerge üksteisest eristada) ja Malpighi kehakeste kapillaaride võrke kiire vereringvooluga. Tavaliselt pole vere liikumist kõigis neerukehakestes näha. Mõnes see puudub. Taoti õnnestub näha, kuidas puhkavais neerukehakeste päsmakestes algab vere liikumine.

Töövahendid. 2—3 konna (emased). Mikroskoop. Valgustaja mikroskoobi jaoks. Väikesed anatoomilised käärid. Skalpell. Pint-

sett. Prepareerimisnõel. Nööpnõelad. Kork- või turvasplaat. Käterätik. Purk konna piiritusse panemiseks. Hügroskoopiline vatt. Ringer'i lahus külmaverelistele. Piiritus (5—10%-line lahus).

Märg-, õhik- ja makroskoopiliste preparaatide valmistamine. Õpperingis oleks huvitav valmistada mõne looma kuse-elundite ja neeru pikilõigu preparaadid.

Preparaadi valmistamiseks konservitakse neer prof. Tiesenhausen'i meetodi järgi. Sel teel saab neeru välise ja sisemise kihi loomulikku värvust hästi säilitada. Neer poolitatakse nii, et lõikepinnal oleksid näha koor- ja säsiollus, neeruvaagen kusejuhadega ja neeru veresooned. Huvitav oleks valmistada selliste loomade neerude ristilõikude preparaate, nagu näiteks küüliku oma, kelle neerul on vaid üks püramiid, vasika oma, kelle neerul juba selgesti ilmneb sagarikuline struktuur, koera või veise oma, kellel sagarikeks jaotumine avaldub pisut vähemal määral kui vasikal. Neerulõigud valmistatakse kas märg- või õhikpreparaatide kujul.

Ringide töö korras võib valmistada neeru koorolluse lihtsustatud makroskoopilisi preparaate. Valmistamise tehnikat vt. lk. 294.

XIII. NÄRVISÜSTEEM.

Teema koht ja tähtsus.

Teema „Närvisüsteem" on inimese anatoomia ja füsioloogia kursuses õpilastele peaaegu kõige keerukam ja raskem. Juba närvisüsteemi üksikute osade ja morfoloogiliste seoste anatoomilis-histoloogiline ülevaade tekitab tunduvaid raskusi. Eriti võib seda öelda nende osade füsioloogiliste funktsioonide ja vastastikuse seose ning koostöö kohta.

Zooloogia kursuse läbivõtmisel tutvusid õpilased närvisüsteemi anatoomilise ehituse, aluste ja tema järkjärgulise tüsistumisega keelikloomade fülogeneetilises reas; nad jälgisid üldjoontes evolutsiooni käiku süstikkala selja neuraaltorust kuni kõrgemate imetajate loomade kõrgesti diferentseerunud närvisüsteemini. Neid teadmisi on nüüd muidugi tarvis värskendada ja ära kasutada. Aga endastmõistetavalt annab see kordamine kõige pealiskaudsema ülevaate ainuüksi kesknärvisüsteemi asetusest ja välisest jaotusest ja sedagi peamiselt peaaju kohta. Samuti tuleb silmas pidada, et keskkooli õpilased ei saa zooloogias mingeid teadmisi närvisüsteemi nii tähtsa ala kohta, nagu seda on vegetatiivne närvisüsteem.

Zooloogia kursusest kaasatoodud teadmistest kõige tähtsam on ülevaade närvisüsteemi evolutsiooni ajaloost, tema fülogeneesist.

Rea kujutlusi närvisüsteemi ehitusest, peamiselt tema üksikute osade mõnedest funktsioonidest, on õpilased saanud anatoomia ja füsioloogia eelmiste osade läbivõtmisel X klassis. Füsioloogiliste funktsioonide tihe omavaheline seos ja keerukas vastastikune koostöö organismi ühtsas tervikus teevad metodoloogiliselt üldse vääraks ja täiesti lubamatuks eri süsteemide füsioloogia üksteisest lahutamise, üksikute niitide abstraktse eraldamise organismi keerukast vastastikuse koostöö ja seose „koest". See käib eriti närvisüsteemi kui ühe reguleeriva süsteemi kohta.

Seepärast on täiesti loomulik ja arusaadav, et kõigi elundsüsteemide füsioloogiaga tutvumisel on juba nii või teisiti puudutatud funktsioonide neuraalse regulatsiooni küsimusi ja reflektoorse regulatsiooni mõiste ei ole õpilastele enam võõras. Võõrad pole õpilastele samuti ka mõned kujutlused ärritajast ja ärritusest, närvierutusest ja selle kandumisest kesknärvisüsteemi kaudu närvidele. Kui kursuse eelmiste teemade käsitlemisel küllaldast tähelepanu pühendati näiteks seesugustele momentidele, nagu erutuste edasiandmine närvist lihasele, südamelihase automaatsus ja tema kokkutõmmete reguleerimine uit- ja sümpaatiliste närvide poolt, hingamislihaste tegevuse närviside hingamiskeskuse rütmiliste erutuste ja pärssimiste vahel, sülje- ja teiste seedekulgla näärmete reflektoorne talitlus, — siis ei põrka meie närvisüsteemi anatoomia ja füsioloogiaga tutvumisele üleminekul suurtele raskustele. Stabiilne õpik ja käesoleva raamatu metoodilised juhendid eelmiste teemade kohta esitavad ses suhtes küllalt materjali.

Käesolev teema pakub erakordselt rikkalikku ja tähtsat õppe- ning kasvatusliku iseloomuga materjali. Mitte ühelgi alal kooli loodusteaduses ei kohta me õpilaste

keskel nii laialdaselt levinud naiiv-mehhanistlikku ja idealistlikku orientatsiooni. Selles on süüdi mitte ainult üldlevinud tavalised elementaarselt-idealistlikud ja mehhanistlikud kujutlused, vaid osalt ka vana populaarteaduslik kirjandus ning osalt — ja seda peab eriti märkima — õpetajate väljenduste lohakus igal pool, kus puudutatakse neuraalse regulatsiooni küsimusi.

Selliseid moonutatud kujutlusi võivad õpilastes tekitada näiteks niisugused õpetamise praktikas kahjuks veel väga levinud väljendused, nagu: „aju saadab närvi kaudu käsu", „närvisüsteemi keskus juhib", „sensiiblit närvi mööda jookseb ajusse ehk keskusse signaal", „närvi mööda jookseb vool" („erutuse" asemel), „närvi mööda, nagu kaablit mööda" jne.; idealistliku värvinguga väljendused liituvad väga kergelt usulise õpetusega hingest kui elu juhtivast mittemateriaalsest alusest; mehhanistliku värvinguga väljendused viivad eluprotsesside pealiskaudselt lihtsustatud seletamisele ja moonutatud kujutluste tekkimisele neist.

Närvisüsteemi füsioloogia teaduslikult ja metoodiliselt õige käsitlus üldse, eriti aga suuraju poolkerade talitluse käsitlus, hävitavad täiesti ühelt poolt kujutluse „hingest" ja teiselt poolt käsituse organismist kui masinast. Käesoleva teema tähtis kasvatuslik külg peab kogu aja õpetaja silmade ees seisma.

Mida õpilased peavad omandama. Uusi mõisteid ja termineid on selles teemas väga palju. Meie jaotuse kohaselt on need järgmised.

1. Teadmised morfoloogia alalt. Kesk-, piirde-, somaatiline ja vegetatiivne närvisüsteem. Selja- ja peaaju. Närvirakk (neuron) ja selle jätked: dendriidid (põõsasjätked) ja üksik pikk jätke — neuriit. Aju hall- ja valgeollus. Närv ja selle ümbrised. Närvilõpmed.

Seljaaju ja selle topograafia. Hall- ja valgeolluse asetus seljaajus. Seljaajunärvid ja nende juured — kõhtmised ja selgmised.

Selgmiste juurte lülidevahelised tängud. Selgmiste juurte sensiiblid (tsentripetaalsed) kiud. Kõhtmiste juurte motoorsed (tsentrifugaalsed) kiud. Seljaajunärvid kui seganärvid. Närvikiudude kulgemine seljaaju valgeolluses. Seljaajukanal ja ajuvedelik.

Peaaju kui ühise kesknärvisüsteemi ülemine „korrus". Peaaju-tüvi: piklik aju, Varolio sild, nelikeha ja nägemiskühmud. Väikeaju ehk ajuke. Suuraju poolkerad. Suuraju poolkerade vaod ja käärud. Ajuvatsakesed kui seljaajukanali jätk.

Peaajust väljuvad närvid. Haistmis- ja nägemisnärvid kui aju väljasopistised; kolmik- ja nägemisnärv kui esmajoones sensiiblid (sensoorsed) närvid; silmaliigutaja- ja näonärv kui esmajoones motoorsed närvid.

Vegetatiivne närvisüsteem; tema parasümpaatiline ja sümpaatiline osa. Sümpaatilise närvisüsteemi tängud (ganglionid) ja nende üldasetus. Side sümpaatilise ja somaatilise närvisüsteemi vahel. Parasümpaatilise närvisüsteemi ehituse mõiste selgitamine uitnärvi kaudu.

Meele-elundite anatoomia. Silm. Silmamuna; silmaliigutajad lihased; valgekest ja sarvkest; soonkest ja vikerkeha; võrkkest ja nägemisnärv; kolla- ja pimetähn; silmalääts ja ripslihas.

Kõrv. Väliskõrv: kõrvalest, välimine kuulmekäik ja trummikile. Keskkõrv: Eustachio tõri, kuulmeluukesed, ovaal- ja ümaraken. Sisekõrv: esik ja tigu Corti elundiga, otoliit-elund, lookkanalid. Kuulmisnärv.

Haistmiselund; haistmisnärvi lõpmed ninaõõne limaskestas. Maitsmiselund: keele maitsmisnäsad. Kompimiselundid; närvilõpmed nahas. Lihasemeele elundid; sensiiblid närvilõpmed lihastes, kõõlustes ja sidemeis.

2. *Teadmised füsioloogia alalt.* Närvi füsioloogilised omadused: erutuvus ja juhtivus. Närvikiu ühepoolne juhtivus organismis: tsentripetaalsed ja tsentrifugaalsed neuronid. Erutuste ülekandumine ühelt neuronilt teisele kahe neuroni sünapsi kohal[1]. Erutuste summeerumise mõiste. Rakkude erutuvuse muutumine. Erutuse juhtimise kiirus närvis.

Refleksi mõiste. Seljaaju lihtsaim refleks. Refleksikaar. Seljaaju reflekside tüsistumine. Reflekside pärssimine.

[1] Muidugi ei puudutata siin sünapsi mõistega seoses olevaid küsimusi.

Närvikeskuse mõiste. Pikliku aju keskused. Peaaju-tüve piirkondade kui keerukate liigutuste (seismise, käimise, jooksmise, hüppamise jne.) reguleerimise keskuste mõiste. Väikeaju ülesanne.

Vegetatiivse närvisüsteemi funktsioonid. Sise-elundite kahekordse innervatsiooni tähtsus vereringe, hingamise ja seede-tegevuse reguleerimisel uit- ja sümpaatiliste närvide kaudu.

Suuraju poolkerade koore piirkonnad. Projektsioonipiirkonnad: nägemis-, kuulmis-, haistmis-, maitsmispiirkond. Naha- ja lihasemeele piirkonnad[1]. Suuraju koore liigutuste-piirkonnad. Suuraju koore assotsiatsiooni-alad. Loomade käitumine suuraju koore osade kõrvaldamisel või vigastamisel. Loomade käitumine suurte poolkerade kõrvaldamisel.

Tingimatute ja tingitud reflekside mõiste. Tingitud reflekside kujunemine. Teise ja kõrgema järgu refleksid. Ahelrefleksid. Tingitud reflekside erutumine ja pärssimine. Tingitud reflekside erutumise ja pärssimise tähtsus. Suuraju poolkerade koor kui tingitud reflekside tekkimise peamine keskus kõrgemail loomadel ja inimestel.

Inimese närvisüsteemi kõrgem talitlus. Tingitud reflekside ülesanne inimese juures. Tingitud reflekside tähtsus töövõtete kujundamisel. Teadvuse osa töövõtete kujundamisel. Õppimise protsess. Mõtlemine kui inimese närvisüsteemi talitluse kõrgeim avaldus.

Meele-elundid. Analüsaatorite mõiste.

Nägemine. Silma läbipaistvate keskkondade ülesanne. Akommodatsioon. Lühi- ja kaugenägevuse mõiste. Võrkkesta ja tema kollatähni ülesanne. Silma lihaste töö.

Kuulmine. Corti elundi ülesanne. Lookkanalid ja kõrva otoliit-elund kui tasakaalu-elundid. Haistmis-, maitsmis- ja kompimiselundite (õieti kompimise, sooja- ja külmatunde, valutunde) mõiste. Lihasemeel.

3. *Teadmised füüsika ja keemia alalt*[2]. Elektrivool. Galvaani element. Akumulaator. Voolu sisselülitamine ja katkestamine. Induktsioonvool. Induktsioonpool. Voolu levimise kiirus juhtmes.

Valguse sirgjooneline levimine. Valguse murdumine läätsedes. Valguse keemiline toime (fotograafia).

---

[1] Propriotseptiivsed.

[2] Suurema osa teadmisi sellelt alalt on õpilased saanud VI ja VII klassi füüsika ja keemia kursuses.

Käsitus õhu häälevõnkeist[1].
Soolhape (HCl).
Keedusool (NaCl). Väävelhape (H_2SO_4).

Teema läbivõtmise plaan. Teema läbivõtmisel tuleb kinni pidada järgmisest järjekorrast. 1. Närvisüsteemi tähtsus ja üldine ehitus. 2. Närvikude ja selle füsioloogilised omadused. 3. Seljaaju anatoomia ja füsioloogia. 4. Peaaju-tüve ja väikeaju anatoomia ja füsioloogia. 5. Vegetatiivse närvisüsteemi anatoomia ja füsioloogia. 6. Suuraju poolkerade anatoomia ja füsioloogia. Analüsaatorid.

Aja nende alateemade läbivõtmiseks võib jaotada umbes järgmiselt. „Närvisüsteemi tähtsus ja üldine ehitus" — 1 tund; „Närvikude ja selle füsioloogilised omadused" — 2 tundi; „Seljaaju anatoomia ja füsioloogia" — 2 tundi; „Peaaju-tüve ja väikeaju anatoomia ja füsioloogia" ning „Vegetatiivse närvisüsteemi anatoomia ja füsioloogia" — kummalegi 2 tundi; „Suuraju poolkerade anatoomia ja füsioloogia" — 3 tundi ning „Analüsaatorite anatoomia ja füsioloogia" — 3 tundi. Teema läbivõtmine tuleb lõpetada ühetunnise kirjaliku kontrolltööga.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmiseks.

1. Närvisüsteemi tähtsus ja üldine ehitus.

Närvisüsteemi ülesanne elundite töö reguleerimisel. Näidetega keha elundite töö reguleerimisest närvide poolt on õpilased tutvunud kogu eelneva anatoomia ja füsioloogia kursuse kestel. Seepärast tuleb teemat sissejuhatavas õppetöös õpilaste mälus kõigepealt vestluse teel taastada neile juba tuntud seda laadi faktid. On vaja tao-

[1] VI ja VII klassi füüsika kursuses mitte antud.

tella seda, et õpilased meenutaksid läbivõetud materjalist, et lihaste kokkutõmbed organismis toimuvad erutuste edasiandmise tõttu kesknärvisüsteemist närvide kaudu lihastele; et südamelihase kokkutõmbeid põhjustavad tema autonoomsete tänkude (ganglionide) erutused ning et südame kokkutõmmete kiirenemist ja tugevnemist tingivad erutused, mis tulevad sümpaatiliste närvide harude kaudu ajust südamesse, ning nende kokkutõmmete aeglustumist ja nõrgenemist — erutused, mis tulevad uitnärvide harude kaudu; et hingamisliigutuste sagedust reguleerivad hingamiskeskuse vaheldumisi toimuvad erutamised ja pärssimised, mis hingamislihastele edasi kanduvad selle keskusega ühenduses olevate närvide kaudu; et seedemahlade nõristumine ja seede-elundite liigutused toimuvad reflektoorse regulatsiooni teel jne.

Samade näidete varal tuleb õpilaste mälus taastada see esialgne kujutlus refleksist, mille nad on saanud juba eelmises kursuses. Siin võib meenutada kas või sülje nõristumise mehhanismi, mille käsitlemisel teema puhul „Toitumine" jälgiti närvierutuse teed suuõõnest sensiibli närvi kaudu „kindlaisse peaaju piirkondadesse" (nagu on öeldud õpikus) ja sealt motoorse (sekretoorse) närvi kaudu süljenäärme juurde. Termineid „refleks" ja „reflektoorne" tarvitati eelnevas kursuses korduvalt.

Närvisüsteemi ülesanne elundite töö kooskõlastamisel. Tuleb ühes õpilastega meelde tuletada rohkearvulisi näiteid elundite kooskõlastatud tööst, elundite ja organismi vahelise talitluse vastastikust seost. Säärased faktid, nagu südametegevuse kiirenemine ja hingamisliigutuste sagenemine lihaste töö puhul, maomahla nõristumine juba toidu närimise ajal suus ja selle nõristumise lakkamine, kui suhu on sattunud mittesöödavad või kõvad ained jms., annavad selge kujutluse sellest, et närvisüsteemi kaudu teostub vastastikuse seose reflektoorne regulatsioon üksi-

kute elundite töös, mis on vahel üksteisest kaugel ja kuuluvad isegi erinevaisse süsteemidesse (lihased, vereringesüsteem, hingamissüsteem).

Sellest lähtudes võib õpetaja formuleerida järelduse: närvisüsteemi kaudu teostub kooskõlastatud töö reguleerimine, füsioloogilise seose loomine keha elundite vahel; närvisüsteem etendab väga tähtsat osa organismi ühtsa terviku loomisel.

Närvisüsteemi ülesanne organismi ja ümbruskonna vastastikuse suhtluse reguleerimisel. Niisama tähtis on närvisüsteemi ülesanne organismi ja ümbruskonna vastastikuse suhtluse reguleerimisel. Ka selles küsimuses on õpetajal võimalus toetuda hulgale näidetele ja faktidele, mis on õpilastele tuntud, aga nende poolt veel lõpuni läbi mõtlemata. Võib välja valida näiteks järgmise fakti, millega õpilased tutvusid eelneva kursuse töös. Õhutemperatuuri tõusmisel toimub (s. t. närvisüsteemi kaudu teostub) naha veresoonte reflektoorne laienemine, mille tõttu organismi soojusekaotus suureneb. Kui õhutemperatuuri tõus on niivõrd suur, et soojuse äraandmine naha kaudu ei ole küllaldane ja organism hakkab liigselt soojenema, algab higi eritumine: higinäärmed hakkavad reflektoorselt naha pinnale eritama higi, mille aurumine neelab organismi liigse soojuse. See näide illustreerib selgelt närvisüsteemi osa organismi ja ümbruskonna vastastikuse suhtluse reguleerimisel.

Närvisüsteemi talitluse selle külje illustreerimiseks võib veel valida niisama selgeid elementaarseid näiteid õpilaste elukogemustest. Näiteks toimub pimedusest heledasse valgusse minekul reflektoorne silmade kinnipigistamine ja silmaavade ahenemine. Kui söömise ajal läkatada, s. o. kui toit satub neelust kõrri, toimub tugev

reflektoorne väljahingamine, köhimine, mis lükkab selle osa toitu tagasi neelu ja suuõõnde.

Võib tuua näiteid ka teadlikust käitumisest, mis reguleerib inimese orienteerumist väliskeskkonnas. Valitagu kas või selline näide. Tänavast üleminekul nägid sa enda poole kihutavat autot ja peatusid, et seda mööda lasta. Sinu käitumist reguleerib sel juhul närvisüsteem: erutused, mis tekkisid auto lähenemisel nägemis- ja kuulmiselundeis, anti vastavate närvide kaudu edasi kesknärvisüsteemile ja sealt vastavaile lihasrühmadele — sa peatusid. Muidugi tõlgendab säärane näide väga lihtsustatult inimese teadliku käitumise kõige keerukamat närviprotsessi, aga meie eesmärgi jaoks, närvisüsteemi füsioloogia õppimise sellel arenemisastmel, on see lubatav ka säärases käsitluses. Selliste näidete hulk organismi ja väliskeskkonna suhtluse reguleerimisest närvisüsteemi poolt on tohutu suur, ja neid on vaja vestluse ajal õpilastelt endilt saada. Nüüd on väga kerge närvisüsteemi ülesande ja tähtsuse kohta formuleerida järeldust: närvisüsteemi ülesandeks on keha elundite töö reguleerimine, elundite füsioloogilise seose reguleerimine, samuti organismi ja väliskeskkonna vahelise suhtluse reguleerimine.

Närvisüsteemi üldine ehitus. Nüüd tuleb õpilaste tähelepanu ümber lülitada närvisüsteemi ehituse käsitlemisele, ja siin on tarvis ära kasutada see rikkalik võrdlevanatoomiline materjal, mida neile on andnud zooloogia kursus. Selle alusel võib üldjoontes jälgida närvisüsteemi fülogeneetilise arengu põhimomente.

Klassis peavad üles riputatud olema tabelid: hüdra, lameussi, limuka, süstikkala, putuka, kala, konna, küüliku

ja inimese närvisüsteem. Tuleb välja panna ka vastavad märgpreparaadid, samuti mudelid, kui koolil neid on[1].

Kõige madalamal arenemisastmel on närvisüsteem ainuõõsseil loomadel (hüdral). Vahetult ektodermi all asetsevad hajutatuina tähekujulised närvirakud, mis on omavahel jätkete kaudu ühendatud, moodustades ühtsa üldise põimiku. Niisugust närvisüsteemi nimetatakse hajusaks, difuusseks närvisüsteemiks. Keha ükskõik missuguse piirkonna ärritus põhjustab erutuse, mis levib kogu niisugust närvisüsteemi mööda; keha rakkude kõik lihase-elemendid tõmbuvad kokku ja kogu keha kontraheerub korraga. Ainuõõssete loomade käitumine on seepärast väga üksluine ja vaene.

Lameussidel (planaaril, maksakaanil) on närvirakud tavaliselt juba koondunud keha eesmisse (pea-) ossa ühte või kahte tänku, millest väljuvad närvikiududest ja nende ulatuses hajutatud närvirakkudest koosnevad närvitüved. Nii on lameussidel närvisüsteem kõrgemalt organiseeritud kui ainuõõsseil; siin täheldatakse närvisüsteemi keskosa — kesktänku — ja ühenduses sellega vabalt liikuvail vormidel rida meele-elundeid (mõnedel liikidel silmi, kombitsaid ja tasakaalu-elundeid). Niisugust närvisüsteemi nimetatakse tänguliseks.

Rõngussidel (limukal) esineb veelgi kõrgemini organiseeritud närvisüsteem. Siin koosneb kesknärvisüsteem neeluülisest paaris-tängust ja kõhtmisest närviahelikust. Need mõlemad kesknärvisüsteemi osad on teineteisega keha peaosas seotud kahe närvinidemega, mis kaarduvad ümber neelu. Kõhtmise närviaheliku igas kehalülis on paaris-tänk. Nii neeluülisest tängust kui ka aheliku tän-

[1] Allpool järgnevas ülevaates on antud närvisüsteemi ehituse põhitüübid tema evolutsioonilise tüsistumise alusel, aga mitte fülogeneetilise arenemise järjekorras.

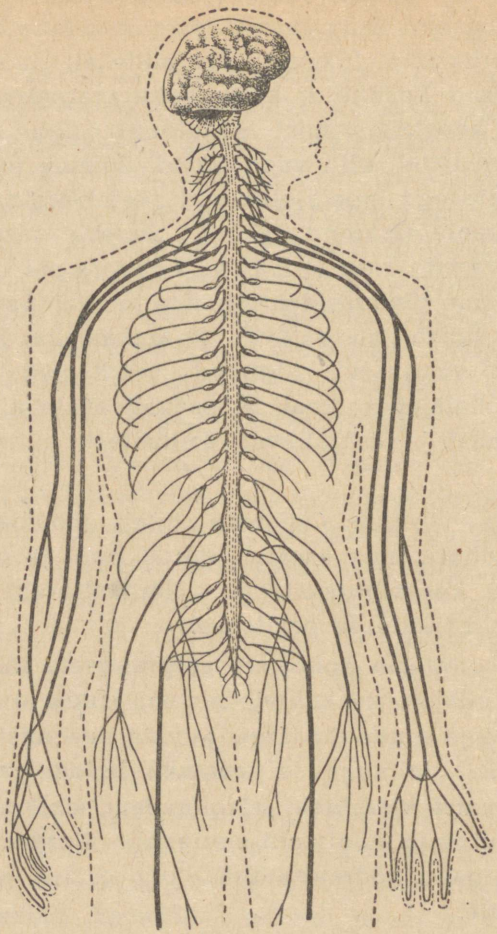
kudest väljuvad närvid vastavaisse kehalülidesse. Tänu kesknärvisüsteemi tänkudevahelisele ühendusele võib ühe kehalüli ärritamine liikvele viia mitte ainult selle, vaid ka kõik teised kehalülid; kogu keha reageerivate liigutuste üldist kooskõlastamist reguleerib aga neeluüline tänk. Rõngussidel, eriti vees elavail, leiame juba kaunis keeruka ehitusega meele-elundeid (kombitsaid, haistmisauke, tasakaalu-elundeid, silmi). Seoses närvisüsteemi kõrgema vormi, redelnärvisüsteemi kujunemisega täheldame rõngussidel eelmiste loomatüüpidega võrreldes käitumise märgatavat keerukamaks muutumist. Vees elavad rõngussid liiguvad võrdlemisi väledasti, püüavad küllalt energiliselt ja osavalt saaki ning hoiduvad hädaohust ja kahjulikest ärritustest mitte vähema eduga [1].

Siirdudes süstikkala juurde tuleb meelde tuletada tema neuraaltoru, mis asetseb korda peal ja moodustab selle looma kesknärvisüsteemi. Neuraaltorust väljuvad närvid keha kõikidesse osadesse.

Nüüd meenutame õpilastele selgroogsete loomade eri klasside esindajate kesknärvisüsteemi kujutavate tabelite, preparaatide ja mudelite järgi, kuidas see süsteem diferentseerub kaladel selja- ja peaajuks, kuidas peaaju järkjärgult, alamaist klassidest kõrgemateni, ehituselt keerukamaks muutub ja mõõtmeilt suureneb. Kordamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata suuraju poolkerade ja väikeaju arenemisloole.

Inimese närvisüsteemi üldine ülevaade. Nüüd ei tekita inimese närvisüsteemi ehituse üldkäsitlus mingeid erilisi

[1] On huvitav, et rõngussidel on leitud ka algeline sümpaatiline närvisüsteem väikeste tänkude näol, mis asetsevad ümber sooltoru eesmise osa ja on ühendatud närviniitidega neeluülise tänguga.



Joon. 79. Inimese närvisüsteemi ehitus.

raskusi. Kasutades tabelit (joon. 79), imetajate närvisüsteemi märgpreparaate ja peaaju mulaaže, vaadeldakse närvisüsteemi üksikosade asetust ja üldist välisehitust.

Näidatakse kesknärvisüsteemi osi — selja-

ja peaaju ning neist väljuvaid närve — piirdenärvisüsteemi. Piirdenärvisüsteemi koostisse kuuluvad peale närvide ja nende harude igasugused närvilõpmed elundeis ja samuti tängud, mis asetsevad piki närvitüvesid (näitena tuua seljaajunärvide lülidevahelised tängud — spinaalganglionid). Siinsamas tuleb tähelepanu juhtida sellele, et kesknärvisüsteem moodustab terviku ja et peaaju on ainult tema ülemine, ajukoljus asetsev osa. Seljaaju, mis asetseb lülikaartest moodustatud selgrookanalis, ulatub peaaju alumisest osast — piklikust ajust — kolmanda nimmelülini. On tähtis õpilaste tähelepanu juhtida sellele, et närvid väljuvad kesknärvisüsteemist paarikaupa, et nad asetsevad metameerselt [1].

Olemasolevail tabeleil ja preparaatidel tuleb näidata sümpaatilise närvisüsteemi piirväätide (seda terminit pole vaja nimetada) asendit. Sümpaatilisest närvisüsteemist peab esialgu mainima (ja näitama) ainult seda, et tema perifeerne osa on ühenduses kesknärvisüsteemiga, et see koosneb reast tänkudest, mis on üksteisega ühendatud piki- ja ristinärvidega, ja et sümpaatiliste närvide harud tungivad kõigisse siseorganeisse. Allpool käsitellakse sümpaatilist närvisüsteemi kui vegetatiivse närvisüsteemi osa. Siin aga, füsioloogilist käsitlust kõrvale jättes, ei tule vegetatiivse närvisüsteemi käsitust anda.

Töövahendid. Vihmaussi, vähi, kala, konna, sisaliku, linnu ja roti närvisüsteemi märgpreparaadid. Tabel „Hüdra". Lame- ja rõngussi, putuka või vähi, süstikkala, kala, konna, sisaliku, linnu, roti ja inimese närvisüsteemi tabelid. Inimese peaaju mulaaž.

[1] See termin on õpilastele zooloogia kursusest tuttav.

2. Närvikude ja selle füsioloogilised omadused.

Närviraku demonstreerimine. Neuroni mõiste. Närvikoega või õieti öelda närvirakuga tutvusid õpilased teema puhul „Rakk ja koed". Närviraku mikroskoobilist preparaati võib nüüd uuesti demonstreerida. Pärast seda, kui preparaat on vaadeldud ja vihikuisse joonistatud, siirdub õpetaja närvikoe üksikasjalisemale käsitlemisele, kasutades selleks klassitabelit (joon. 80) ja tehes klassitahvlile vajalikke jooniseid.

Näidanud närviraku tuuma ja protoplasmat, tuleb veidi peatuda selle raku ehituse keerukusel. Kõigepealt on vaja tähelepanu juhtida erilistele terakestele, kängukestele [1], mis raku intensiivse töö puhul vähenevad või isegi hoopis kaovad ja puhkamise ajal taastuvad. Sellel, esimesel pilgul tähtsusetul ja kooli jaoks isegi nagu liigsel momendil on vaja peatuda selleks, et õpilased endile selgelt kujutleksid, et närvisüsteemi talitlus on seotud ainekuluga. Peale selle on tarvis tähelepanu juhtida veel protoplasma kiududele [2] ja sellele, et need kiud siirduvad raku kõikidesse harudesse. Lõppeks asutakse protoplasma harude, d e n d r i i t i d e ja n e u r i i t i d e käsitlemisele. Pikki dendriite ja neuriite nimetatakse n ä r v i k i u d u d e k s. Väga tähtis on tähelepanu juhtida sellele, et närvikiud, mis mõnedel rakkudel saavutab üle meetrise pikkuse, omab alati m i k r o s k o o p i l i s t j ä m e d u s t. See on tähtis sellepärast, et närvikiu segiajamine närviga on kõige tavalisem nähtus. Närvikiudu ümbritseb „nagu küünlatahti" rasvataoline kest ja ta omab seepärast valget värvust.

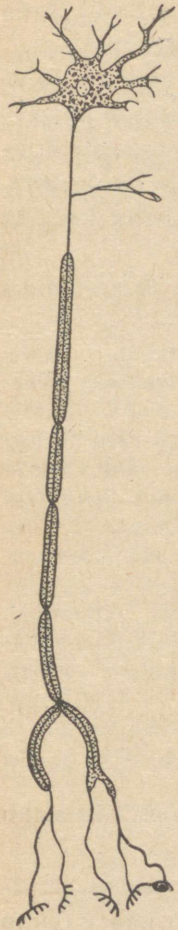
Töövahendid. Närviraku preparaadid (mikroskoopide arvu järgi). Mikroskoobid. Osutiga okulaarid. Tabel „Närvirakk".

---

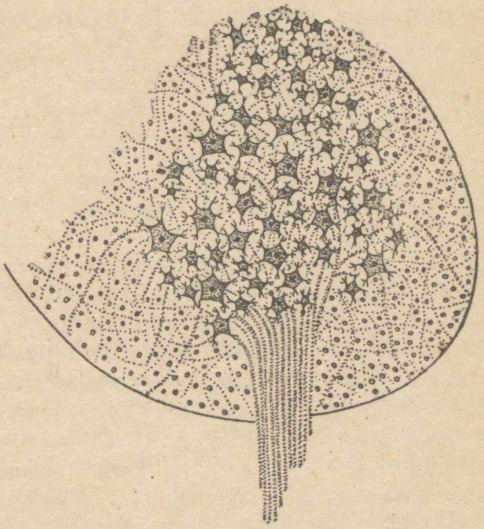
[1] Tigroidollus, Nissl'i kehakesed.

[2] Neurofibrillid.

Hall- ja valgeollus. Andnud õpilastele käsituse neuronist ja selle harudest, tuleb vaadelda neuronite üldase-



Joon. 80. Närvirakk.



Joon. 81. Hall- ja valgeollus.

tust kesknärvisüsteemis ja seoses sellega käsitella närvisüsteemi hall- ja valgeolluse, samuti närvi ehitust.

Suurt abi närvisüsteemi äsjamainitud osade omavaheliste suhete elementaarseks mõistmiseks võib pakkuda skeem, mida on väga kerge klassitahvlile joonistada (joon. 81). (Võib valmistada ka skemaatilise tabeli.) Selle skeemi peavad õpilased oma vihikuisse joonistama.

Näidates õpilastele suuraju mingi osa või seljaaju läbilõiku kas looduslikul objektil (mis oleks kõige parem) või preparaadil, mudelil, klassitabelil, konkretiseerib õpetaja ülalnäidatud skeemi. Siin võib rõhutada veel seda, et hallolluse koostisse kuuluvad peale neuronite kehade nn. tugirakud [1].

Töövahendid. Pea- ja seljaaju lõikude märg- või õhikpreparaadid. Tabel „Pea- ja seljaaju ehitus".

Aju märgpreparaatide konservimine ja valmistamine. Kala, konna, sisaliku ja mao peaaju preparaatide valmistamiseks lõigatakse neil loomadel pead koos mõne kaelalüliga maha. Pärast naha äravõtmist pannakse pead mõneks päevaks 2%-lisse formaliinilahusesse. Tihendanud niiviisi ajukude, pestakse päid voolava vee all. Aju prepareeritakse skalpelli abil, alustades lahtivõttu kaelalülidest. Kolju seinad eemaldatakse osade kaupa. Esiteks võetakse ära kolju ülemine osa ja külgmised osad, siis kõrvaldatakse pintseti abil osade kaupa ajukelme.

Lindude ja imetajate pead on pärast formaliinis fikseerimist soovitav asetada 20—30%-lisse lämmastikhappe-lahusesse, milles kolju luud dekaltsineeruvad. Pärast seda on neid kergem eemaldada. Happe mõjul omandab aju kollaka värvuse.

Jälgides tähelepanelikult dekaltsineerumise käiku (aeg-ajalt luude kõvadust proovides), võib pead õigel ajal välja võtta ja aju tugevat värvumist vältida.

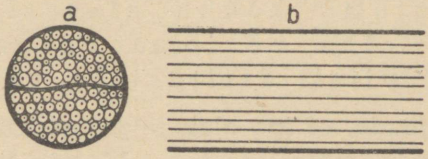
Preparaatide valmistamise tehnika ja lõpliku kohaleasetamise kohta vt. lk. 293.

Närvi mikroskoopilise ehituse demonstreerimine. Andnud õpilastele kujutluse hallollusest kui neuronite kehade kogumikust ühes nende dendriitide ja neuriitide osadega ning valgeollusest kui närvikiudude kogumikust, on vaja

[1] Neuroglia.

konkretiseerida kujutlust närvist kui moodustisest, mille koostisse kuulub teatav hulk piki närvi kulgevaid närvikiude.

Neil mikroskoobilistel preparaatidel, mida neuronite vaatlemiseks demonstreeritakse, võib alati leida piirkondi pikuti või risti läbilõigatud närvitüvedega. Seades mikroskoobi vaatepiirile sellise piirkonna, juhib õpetaja õpilaste tähelepanu närvi koostisse kuuluvaile närvikiududele ja närvi sidekoelisele ümbrisele.



Joon. 82. Närvi risti- (*a*) ja pikilõik (*b*).

Väga soovitav on õpilaste silmade ees nõeltega narmaiks näpsida mõne imetaja looma (kassi, küüliku, roti jne.) suure väljaprepareeritud närvi, näiteks päranärvi osa. Seda võib teha uuriklaasil füsioloogilises lahuses või vees [1].

Närvi piki- ja ristilõigu skeemid antakse klassitahvlil (joon. 82) ja lastakse õpilastel need vihikuisse joonistada.

Töövahendid. Mõne imetaja (küüliku, kassi, roti jne.) suure närvi tükk. Prepareerimislamp. Skalpell. Kaks prepareerimisnõela. Uuriklaas. Füsioloogiline lahus külmaverelistele.

Närvi füsioloogilised omadused. Erutuvus. Erutuvuse mõiste on oma abstraktsuselt keskkoolis raskemaid. Elus-

[1] Jämeda näpsimisega eraldame muidugi mitte üksikuid närvikiude, vaid nende kimpe; kuid vajalik pilt saadakse seejuures ikkagi.

olendi erutuvuse nähtustega on õpilased juba korduvalt kokku puutunud. Tuleb meenutada vastavaid fakte: ainuraksete loomade vastus-reaktsioonid mehaanilistele, keemilistele ja temperatuurilistele ärritustele (vt. IX klassi zooloogia kursus); lihase kokkutõmbumine vastuseks mitmesugustele ärritustele, eriti elektrilistele; leukotsüütide liikumine vastuseks keemilistele (toksilistele) ärritustele (vt. teema „Veri ja vereringe"); näärme-epiteeli nõristustalitlus vastuseks sensiiblite närvide lõpmete ärritustele (vt. teema „Toitumine") jne. Kõigil neil juhtudel puutume kokku elavate rakkude ja kudede ühe põhiomadusega — ühel või teisel viisil ärritustele vastata.

Tuleb selgitada, et iga elav rakk, iga kude on suuremal või vähemal määral erutuv. Elavate kudede erutuvuse mitmesugune aste on loomadel välja kujunenud evolutsiooniprotsessis. Juba ainuõõsseil loomadel kohtame rohkem erutuvaid ja vähem erutuvaid rakke. Nii leidub neil ektodermis erilise erutuvusega sensiibleid rakke, mis on seotud samavõrra erutuvate närvirakkudega; eriti erutuvad on neil kõrverakud. Evolutsiooniprotsessi ajaloolises käigus, ühenduses kudede eristumisega (diferentseerumisega) ja sellega seoses oleva füsioloogiliste funktsioonide jaotumisega nende kudede vahel, arenevad ühed neist kõrgelt erutuvaiks, teised vähem erutuvaiks. Kõrgemail loomadel on eriti suure erutuvusega närvi-, lihase- ja näärme- (näärme-epiteeli) koed, kuna teisi kudesid iseloomustab nõrk erutuvus.

Erutuvas koes tekib vastuseks ärritustele eriline seisund — erutusseisund. Kuna lihasel see erutusseisund nähtavalt väljendub kokkutõmbumises ja näärmes — nõristusprotsesside suurenemises, avaldub närvikoe erutusseisund kaudsel teel. Erutusseisundit närvis saame kindlaks

teha, kui vaatleme neid nähtusi, mis toimuvad lihase ärritamisel närvi kaudu, närvi-lihasepreparaadil [1].

Katsed närvi-lihasepreparaadiga. Katsete tehnikat närvi-lihasepreparaadiga on kirjeldatud leheküljel 138.

Katsed närvi-lihasepreparaadiga näitavad õpilastele erakordselt veenvalt seda, et vastuseks ärritusele tekib närvis erutusseisund. Õpilaste tähelepanu tuleb juhtida sellele, et ärritajana kasutatakse peamiselt elektrivoolu ainult sellepärast, et see pakub mitmeid mugavusi: keskmise tugevuse puhul ta ei lõhu ega muuda ärritatavat kude, mida ei saa öelda teiste ärritajate kohta; voolu saab väga kiiresti sisse ja välja lülitada, tema tugevust võib kiiresti muuta. Sellepärast kasutataksegi füsioloogilise uurimise praktikas laialt elektrilisi ärritajaid.

Katsete ajal närvi-lihasepreparaadiga juhib õpetaja õpilaste tähelepanu sellele, et närvierutus algab ainult voolu sisse- ja väljalülitamise momentidel, kuna sel ajal, kui närvi läbib alalisvool (ajavahemikul sisse- ja väljalülitamise vahel), erutusnähtusi ei täheldata. Teiste sõnadega, erutus algab vastuseks ärritaja intensiivsuse muutumisele [2].

Töövahendid. 1—2 konna. Lihaselaud. Lüliti. Elektroodid. Element. Väikesed anatoomilised käärid. Kaks pintsetti. Kaks prepareerimisnõela. Pipett. Prepareerimisvann. Käterätik. Kellatraat. Niit. Füsioloogiline lahus külmaverelistele.

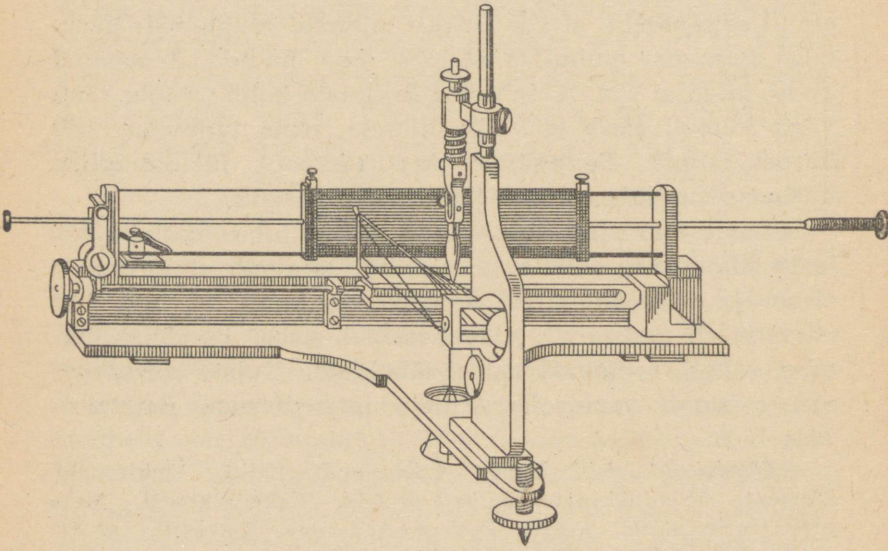
Närvi juhtivus. Õpilased saavad juhtivusest väga kergesti käsituse, kui õpetaja ainult katse ajal närvi-lihasepreparaadiga juhtis nende tähelepanu sellele, et elektroodid on paigutatud närvile teatavas kauguses lihasest. See käsitus muutub veelgi selgemaks juhtivuse katkemise

[1] Muidugi pole keskkoolis võimalust puudutada küsimust elektrivooludest närvis ja lihases.

[2] Küsimusi erutuse suuruse sõltuvusest voolu langemise järskusest, Du Bois-Reymond'i seadusest, kasulikust ajast ja kronaksiast ei tule keskkooli kursuses puudutada.

näitamisega närvi osas, mis on niidiga kinni tõmmatud. Siinsamas võib mainida seda, et närvi juhtivust saab igas tema osas katkestada selle osa jahutamisega (kas või jäätükikesega) või närviosale tilga kloroformi või nikotiini (ained, millest õpilastel on kujutlus) asetamisega.

Erutuse juhtimise kiirus närvis. Katsed närvi-lihase-preparaadiga annavad õpilastele tavaliselt vale kujutluse,

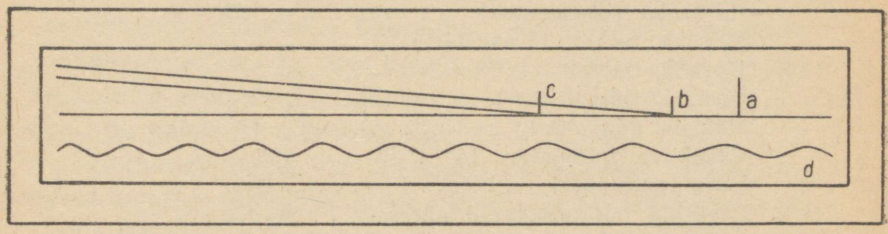


Joon. 83. Du Bois-Reymond'i aparaat.

nagu oleks närv ainult voolu juhtmeks ja erutus oleks sellega ühenduses nagu elektrivool, mis jookseb närvi kaudu lihasesse (seda eriti veel sellepärast, et selline tavaline naiiv-mehhanistlik kujutlus on laialt levinud). Seepärast on erakordselt tähtis võrrelda erutuse juhtimise kiirust närvis voolu levimise kiirusega juhtmes.

Selleks on soovitav anda kujutlus närvierutuse juhtimise kiiruse määramise viisist. Kõige näitlikumalt saab kirjeldada

Du Bois-Reymond'i meetodit (joon. 83). Aparaat koosneb lihase hoidjast, kuhu kinnistatakse närvi-lihasepreparaat. Lihas on ühendatud kangiga, mille terav ots märgib tema kokkutõmbeid kiirelt liikuvale tahmastatud klaasplaadile. See plaat libiseb kirjutava kangi ees vertikaalsel tasapinnal ja pannakse vedru abil liikuma. Ühteaegu vedru vajumisega saab preparaadi närv elekterärrituse, ja peale selle pannakse kammertooni haru võnkuma. Need võnked märgib kangi terav ots samuti tahmastatud plaadile. Kui närvi algul ärritada 3 cm kaugusel lihasest ja seejärel vahetult tema



Joon. 84. Närvi läbiva erutuse kiiruse ülesmärkimine.

ligidal, siis toimub kokkutõmbumine esimesel juhul pisut hiljem kui teisel; erutus peab närvis esimesel juhul läbima pikema tee kui teisel juhul. Seda ajavahemikku, mis kulub kummalgi korral ärritamise silmapilgust lihase kokkutõmbumiseni, võib täpselt mõõta tahmastatud plaadil, millele kokkutõmbumine on märgitud kõvera kujul: lihase kokkutõmbumise kõvera all on ju üles märgitud kammertooni võnked, mille arv sekundis on teada (ütleme 100 võnget sekundis). Esimese ja teise kokkutõmbe saabumise vahel märgitud kammertooni võngete arvust on näha sekundi sajandikud, mis erutusel kulub 3-cm närvitee läbimiseks (joon. 84).

Du Bois-Reymond'i vedrumüograafi skeemi ja ülestähendused tahmastatud plaadile võib enne tabelile või klassitahvlile joonistada.

Sel ajal kui elektrivool juhtmes levib tuhandeid kilomeetreid sekundis, levib erutus konna motoorses närvis keskmiselt ainult 25 m sekundis ja inimese luustikulihase motoorses närvis umbes kuni 120 m sekundis (*n. mediá-*

nus, H. Piper'i järgi). Huvitav on õpilastele sellega ühenduses tuua mõningaid andmeid, mis näitavad, et erutuse juhtimise kiirus kasvab organisatsiooni tüsistumisega loomade evolutsioonireas. Erutuse levimise kiiruse näiteid on antud järgnevas tabelis:

Meduus *Cyanea* (närvirõngas)	0,15 m/sek.
Nälkjas (nahanärv)	1,25 „
Kaheksajalg (mantlinärv)	2 „
Mõõksaba (jäsemenärv)	3,25 „
Jõevähk (suvel, jäsemenärv)	6 „
Jõevähk (talvel)	3 „
Homaar (jäsemenärv)	12 „
Müksiin (lõuanärv)	4,5 „
Kärnkonn (päranärv, 14° t°-l)	20 „
Konn (päranärv)	26 „
Imetajad (mitmesugused närvid)	60—120 „

Seda kiirust saab temperatuuri langetamisega, narkoosi abil või kestva väsitava ärritusega kunstlikult vähendada. Teiste sõnadega: erutuse juhtimise kiirus närvis sõltub närvi füsioloogilisest seisundist. Seda järeldust võib kinnistada näiteks veel selle faktiga, et koopaoraval langeb närvi juhtivuse kiirus taliuinaku ajal kuni 1 m/sek.

Tsentripetaalsed ja tsentrifugaalsed neuronid. Käsitelles närvi erutuvust ja juhtivust, ei tule unustada, et närvi koostisse kuulub teatav hulk närvikiude ja et, kõneldes neist nähtustest närvis, meie kõneleme õieti närvikiudude erutuvusest ja juhtivusest. Närvikiud on ju neuroni osa. Organismis juhib iga neuron, s. o. iga närvirakk, ühes oma harudega erutust ainult ühes sihis: kas kesknärvisüsteemist eemale (lihaseisse, näärmeisse) või (näiteks nahast või teistest meele-elundeist) kesknärvisüsteemi poole. Esimesi neuroneid nimetatakse tsentrifugaalseiks ehk motoorseiks (näär-

meisse minevaid — sekretoorseiks), teisi — tsentripetaalseiks ehk sensiibleiks.

Õpetamise praktikas tekib tavaliselt küsimus, missuguseid neist termineist tuleks eelistada: kas liigutus- ja tundenärv või siis tsentrifugaalne ja tsentripetaalne närv [1]. Kaks esimest terminit on kahtlemata näitlikumad. Kuid ei ole kahtlust ka selles, et nende terminitega on seotud väärade ja ebatäpsete kujutluste („närv tunneb", „närv liigutab") oht, kui mitte teha erilisi vitalistliku iselocmuga selgitavaid märkusi. Seepärast eelistaksime termineid „tsentrifugaalne" ja „tsentripetaalne", seda enam, et nende terminite mõtteline tähendus ei ole õpilastele võõras — nad on nendega tutvunud füüsika kursuses.

Käsitades närvi kui keerukat moodustist, mille koostisse kuulub teatav hulk närvikiude, peab tähelepanu juhtima sellele, et peaaegu iga närvi koostisse kuulub nii tsentrifugaalseid kui ka tsentripetaalseid närvikiude, s. t. et enamik närve on seganärvid.

Nii on kõik seljaajunärvid seganärvid (näidata tabelil); sama tuleb öelda enamiku peaajunärvide kohta [2].

Küsimust erutuste summeerumisest pole otstarbekohane käsitella siinkohal, nagu seda tehakse stabiilses õpikus, vaid pärast seda, kui õpilased on tutvunud reflektoorsete protsesside ja refleksikaare ehitusega.

3. Seljaaju anatoomia ja füsioloogia.

Seljaaju anatoomiline ehitus. Tutvustades õpilasi seljaaju anatoomiaga peab kasutama tabelit, mis kujutab selja-

[1] Uuemal ajal on hakatud tarvitama ka eferentse ja aferentse närvi nimetust. Toim.

[2] Joonisel või mudelil võib näidata ja tähelepanu juhtida sellele, et puht-tsentrifugaalsed on näiteks silmaliigutaja-närvid (kolmas paar), puht-tsentripetaalsed — haistmisnärvid (esimene paar).

aju piirkonda ja tema ristilõiku, demonstreerima piiritusepreparaati imetaja looma kesknärvisüsteemist ja tegema sellest joonise klassitahvlile (vt. allpool). Tunnis tuleb kasutada ka inimese luukeret.

Õpetaja jutustab, et seljaaju kujutab endast jämedat närviväädi, mille pikkus täiskasvanud inimesel on 42—45 cm ja mis lõpeb selgrookanalis teise nimmelüli kõrgusel teravneva otsaga, millest kuni sabaluuni läheb edasi seljaaju atrofeerunud osa, nn. lõppniit. Seljaaju on kaetud kolme kelmega ja lõppniit on nende kelmete jätk.

Seejärel näidatakse tabelil ja preparaadil seljaajunärve, mis tulevad paarikaupa seljaajust ja väljuvad selgrookanalist lülidevaheliste mulkude kaudu. Lülidevahelisi mulke tuleb näidata luukerel.

Samal tabelil ja preparaadil näidatakse, et iga seljaajunärv algab seljaajust kahe juurega — selgmise ja kõhtmisega — ja et mõlemad juured liituvad selgrookanalis, tähendab, seljaaju vahetus ligiduses teineteisega ühiseks jämedaks närvitüveks — seljaajunärviks. Selgmistel juurtel peab näitama paksendeid — lülidevahelisi tänke (spinaalganglione).

Töövahendid. Imetaja kesknärvisüsteemi märgpreparaat. Inimese luukere. Tabel „Inimese pea- ja seljaaju ehitus".

Seljaaju ristilõik. Pisut üksikasjalisemalt tuleb käsitella seljaaju ristilõiku. On väga soovitav, et väljajagamis-materjalina omataks mitut ristilõigu preparaati.

Preparaatidel ja tabelil on näha, et valgeollus asetseb seljaajus väljaspool, hallollus — seespool.

Uuendanud õpilaste mälus seda, et hallolluse moodustab närvirakkude kehade ja nende kõige lähemate harude kogumik ja et valgeollus kujutab endast närvikiudude kogumikku, lisab õpetaja sellele juurde, et suurem osa

neid närvikiude kulgeb piki seljaaju, sidudes tema üksikuid piirkondi, „korruseid", ja ühendades neid peaajuga.

Siis juhib õpetaja klassi tähelepanu seljaaju peenele keskkanalile, mis läbib seljaaju kogu tema pikkuses ja suundub üles peaajju; kanal sisaldab ajuvedelikku.

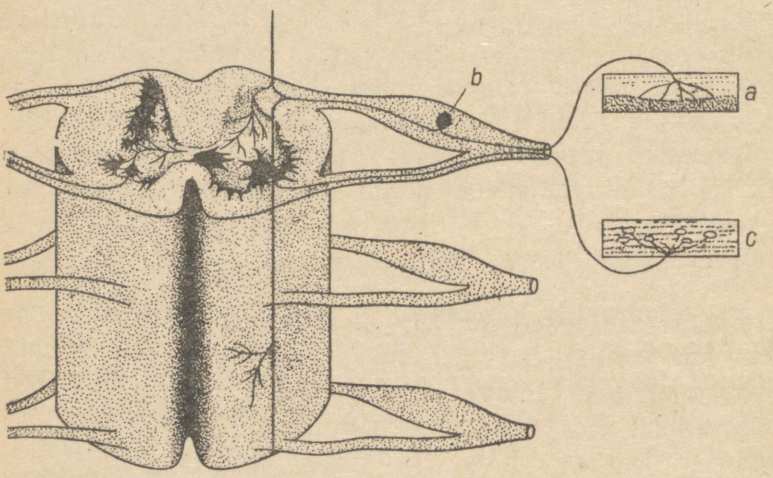
Siirdudes hallolluse käsitlemisele, mis ristilõigul meenutab H-tähte või laialilaotatud tiibadega liblikat, näitab õpetaja selle olluse kõhtmisi ja selgmisi sarvi. Laskumata üksikasjadesse ja püüdmata isegi lühidalt puudutada histoloogilisi suhteid tuleb ainult tähelepanu juhtida sellele, et osa neuroneid, millest hallollus koosneb, saadab oma neuriidid seljaajunärvide kõhtmistesse juurtesse, osa seljaaju mitmesugustesse „korrustesse" ja muidugi siis ka kesknärvisüsteemi kõige kõrgemasse „korrusesse" — peaajju.

Töövahendid. Seljaaju ristilõikude märg- või õhikpreparaadid.

Seljaajunärvide kõhtmised ja selgmised juured. Juurte käsitlemisel teeb tavaliselt selgmiste juurte ja seljaaju histoloogilistest suhetest arusaamine raskusi. Õpilased teavad juba, et selgmistel juurtel on lülidevahelised tängud (spinaalganglionid). Õpetaja seletab, et lülidevaheline tänk koosneb hallollusest, s. o. moodustab närvirakkude kehade kogumiku. Igaühel neist rakkudest on kaks haru. Üks neist läheb, kulgedes piki seljaajunärvi, keha perifeeriani (näiteks nahani), teine tungib läbi tagumise juure seljaajju. Selgmiste juurte neuriidid harunevad seljaajus, nende harud võivad tungida seljaaju mitmesugustesse „korrustesse" ja jõuda peaajuni. Muidugi peab seda illustreerima vastaval skeemil, mis juba enne tundi klassitahvlile või paberile joonistatakse (joon. 85).

Mis puutub kõhtmistesse juurtesse, siis nende kohta tuleb ainult öelda, et nad koosnevad hulgast neuriitidest, mis väljuvad seljaaju hallolluse rakkudest.

Niisugune seljaaju ehituse käsitlemine teeb suuri raskusi ja antud astmel ei maksa loota, et õpilased saaksid seljaaju närviseostest, nagu seda ülal on käsiteldud, selgesti aru ja selle ka omandaksid. Neid seoseid hakatakse mõistma seljaaju füsioloogiaga tutvumisel, mille juurde tulebki siirduda, nõudmata esialgu õpilastelt äsja läbivõetud, seljaaju histoloogiasse kuuluva materjali kindlat omandamist.



Joon. 85. Refleksikaare skeem: *a* — närvilõpmed nahas; *b* — lülidevahelise tängu (spinaalganglioni) rakk; *c* — närvilõpmed lihases.

Demonstratsioon: peata konna refleksid. Õpetaja detserebreerib konna enne tunni algust.

Kõige lihtsam ja meie eesmärgi jaoks küllaldane konna detserebreerimise abinõu on ajukolju eemaldamine[1]. Selleks võetakse konn vasakusse kätte ja viiakse teravate prepareerimiskääride üks tera võimalikult sügavale suuõõnde, nagu on näidatud joonisel 19. Ülemine tera peab asetsema trummikiledest tagapool. Nüüd lõigatakse ajukolju kiire liigutusega maha joont mööda, mis

[1] Ajukolju eemaldamise operatsioon tuleb teha umbes pool tundi enne töö algust — selle aja jooksul mööduvad šokinähtused.

ühendab trummikilede tagumisi servi. Kui lõige toimus kas või natukenegi ülalpool tähendatud joont, siis pole konnal kogu peaaju kõrvaldatud ja edasistel vaatlustel võib tekkida rida nähtusi, mis on seotud nägemissagarate ja pikliku aju olemasoluga ning mis seepärast ei vasta ülesseatud eesmärgile. Peale detserebreeritud konna tuleb valmis seada statiiv näpitsaga, kork, prepareerimisnõel, pintsett, pipett, pintslike, prepareerimisvann, käterätik, 1—2 rõhknõela, väike tükike filterpaberit, pudel 1%-lise H_2SO_4-ga, kaks klaasi — üks neist peab pooleni täidetud olema veega ja teine 0,3%-lise H_2SO_4-ga.

Õpilastel lastakse tehtud vaatlused üles kirjutada.

Esimene vaatluste seeria. Detserebreeritud konn, olles selili pandud, ei pöördu ümber, nagu seda teeb normaalne konn.

Kui meie konn asetada lauale istuma, istub ta liikumatult, võttes normaalse asendi ja säilitades selle: ta tõmbab koiva tagasi, kui see kõrvale viia.

Teine vaatluste seeria. Konn riputatakse alalõuaga statiivi konksu või näpitsa külge. Ülesriputatud konn kastetakse vette, pistes ta alt üles ulatatud veeklaasi (seda peab aeg-ajalt kordama, et konna nahk ära ei kuivaks; samal viisil tuleb edaspidi nahalt hapet ära uhta). Mõne aja pärast lõpevad konna liigutused ja ta ripub vaikselt.

Näpistame pintsetiga kergelt tagumist koiba — konn tõmbab selle koiva ära. Nüüd pigistame tugevasti sama koiva nahka ja juhime õpilaste tähelepanu sellele, et koiva vastus-reaktsioon saabub kiiremini, et reaktsiooni jõud on suurem ja et peale selle ka konna teised koivad end liigutavad.

Kastame konna tagumise koiva varbad klaasi, milles on 0,3%-line H_2SO_4-lahus; mõne sekundi pärast tõmbab konn koiva happest välja. Loputame happe ära, kastes koiva veeklaasi.

Niisutame tükikese filterpaberit 1%-lises H_2SO_4-lahuses ja kleebime selle pintsli abil kõhu alumise osa külgmisele nahale. Konn hakkab ärritajat lähema koivaga ära vehkima, ja kui see kohe ei õnnestu, siis võtab ta abiks teise tagumise koiva.

Kolmas vaatluste seeria. Nüüd purustatakse konna seljaaju. Selleks tuleb nõel pista võimalikult sügavale lõigu pinnal selgesti nähtavasse selgrookanalisse ja seda seal mitu korda pöörata.

Juhime õpilaste tähelepanu sellele, et pärast seljaaju purustamist kõik lihased korraga lõtvusid, kaotades oma endise pinguldatud oleku (kadus lihaste toonus).

Nüüd tuleb konn uuesti üles riputada ja samu ärritajaid proovida. Õpilased konstateerivad, et konn, kes on kaotanud kesknärvisüsteemi, ei reageeri ärritustele.

Kui demonstratsioon on lõppenud, laseb õpetaja õpilastel üles märkida järgmise kokkuvõtte: närvisüsteemi osavõtul toimuvat organismi vastus-reaktsiooni ärritusele nimetatakse refleksiks ja seejuures toimuvaid liigutusi — reflektoorseiks liigutusteks.

Tööpahendid. Konn. Statiiv näpitsaga. Suured anatoomilised käärid. Väikesed anatoomilised käärid. 1—2 pintsetti. 1—2 preparreerimisnõela. 1—2 prepareerimisvanni. Käterätik. 1—2 rõhknõela. Kork.

Nahata koiva ärritamise demonstreerimine. Pärast esimese demonstratsiooni lõpetamist näidatakse järgmist katset. Detserebreeritud konna ühelt jalalt tõmmatakse nahk maha. Selleks lõigatakse konna reie nahk teravate kääridega ümberringi läbi; läbilõike alumisest äärest võetakse nahk pöidla ja nimetissõrmega kinni ja tõmmatakse kiire ning küllalt energilise liigutusega terveni nagu sukk maha. Nüüd riputatakse konn ülalkirjeldatud viisil üles ja kastetakse tema vigastamata koiva varbad 0,3%-lisse hap-

pelahusesse; konn vastab tavalise reflektoorse liigutusega, s. t. tõmbab koiva vedelikust välja.

Kui aga kasta samasse vedelikku koib, millelt nahk maha on tõmmatud, siis vastus-reaktsiooni ei saabu. Järeldus on selge — *reflekside põhjustajaks õpilastele näidatud katsetes oli naha närvilõpmete ärritamine.*

Demonstratsioon: põlveköoluse refleks inimesel. Väga tähtis on näidata seljaaju refleksi inimesel. Kõige lihtsamaks ja kujukamaks näiteks on põlveköoluse refleks. Õpetaja kutsub ühe õpilastest välja ja paneb näoga klassi poole demonstreerimislauale istuma. Õpilasel lastakse parem jalg vasaku peale tõsta. Leidnud kobades parema jala põlveköoluse *(ligamentum patellae,* veidi allpool põlveketra), lööb õpetaja sellele (mitte kõvasti) joonlaua serva või väljasirutatud kämbla küljega. Toimub reie nelipealihase *(m. quadriceps femoris)* kiire reflektoorne lühenemine, jalg sirgub, hüppab üles ja langeb kohe jälle endisse asendisse.

Seljaaju refleksid. Refleksikaar. Tehtud praktilise töö ja kahe viimase demonstratsiooni analüüsi põhjal ei ole nüüd raske anda ülevaadet seljaaju reflektoorse st funktsioonidest ja refleksikaarest. Seda analüüsi on otstarbekohane teha, esitades järjestikku järgmised küsimused:

1. Milline seisund tekib naha (vastavalt köoluste) närvilõpmeis nende ärritamisel?

2. Millises suunas levivad närvis naha närvilõpmeis tekkivad erutused?

3. Milliste neuronite, kas tsentripetaalsete või tsentrifugaalsete kaudu antakse need erutused edasi seljaajule?

4. Milliste juurte, kõhtmiste või selgmiste kaudu lähevad nende neuronite neuriidid seljaajju?

5. Milliste neuronite, tsentripetaalsete või tsentrifugaalsete kaudu antakse erutused seljaajust lihastele üle?

6. Milliste juurte, kõhtmiste või selgmiste kaudu väljuvad nende neuronite neuriidid, suundudes lihastesse?

7. Kus toimub erutuste edasikandumine tsentripetaalseilt neuroneilt tsentrifugaalseile?

Pärast säärast analüüsi ei tekita seljaaju lihtsaima refleksikaare skeemi käsitlemine ja läbiarutamine mingeid raskusi. Refleksikaare skeemi joonistavad õpilased vihikuisse, kirjutavad joonistatud detailidele pealkirjad ja märgivad nooltega erutuse tee nahast seljaaju kaudu kuni lihaskiuni (vt. joon. 85).

Erutuse üleminek ühelt neuronilt teisele. Väga tähtsaks momendiks on küsimuse käsitlemine erutuse siirdumisest ühelt neuronilt teisele. Seljaaju lihtsaima refleksikaare skeemil näevad õpilased tsentripetaalse närvikiu pintslitaolisi harusid, mis puutuvad kokku tsentrifugaalse neuroni dendriitidega. Erutuse üleminek ühelt neuronilt teisele teostub nende „ühenduse", kokkupuute kohal, — niisugusel lihtsal kujul tuleb keskkoolis käsitella seda keerukat ja kaugeltki veel mitte küllalt põhjalikult uuritud küsimust „sünapsist".

Tunnis käsiteldud skeem esitab lihtsaimat refleksi, mis teostub ainult kahe neuroni vahel. Niisuguse seljaajurefleksi näiteks võib inimesel olla põlvekõõluse refleks.

Tunduv osa refleksidest konnal ja peaaegu kõik refleksid inimesel toimuvad aga suurema hulga (kolme, nelja ja enama) neuronite osavõtul. Siin tuleb õpilastele meenutada mõningaid nende tähelepanekuid konna seljaaju refleksidest: ühe tagumise koiva tugeva näpistamise puhul hakkavad liikuma ka teine tagumine koib ja eesmised koivad; kõhu ärritamisel happega hakkavad liikuma tagumised ja mõnedel juhtudel ka eesmised koivad

jne. Neil juhtudel on meil tegemist keerukamate seljaaju refleksidega. Nende refleksikaarte koosseisu kuuluvad vaheneuronid, mis annavad erutuse üle ühelt poolelt teisele, seljaaju ühelt „korruselt" teisele.

Seoses sellega, mida me varem meenutasime juhteteede suundumisest seljaajust peaajju, tuleb tähelepanu juhtida sellele, et refleksikaared võivad sulguda ka peaaju mitmesuguseis piirkondades — peaaju neuronite kaudu. See moment on erakordselt tähtis. Väga oluline on veel kord rõhutada kesknärvisüsteemi anatoomilist ja füsioloogilist ühtsust ning sel viisil saavutada loomulik üleminek peaaju anatoomia ja füsioloogia käsitlemisele.

Demonstratsioon: seljaaju reflekside pärssimine. Ei kavas ega stabiilses õpikus pole kõige elementaarsemalgi kujul ette nähtud tutvumist pärssimisnähtustega närvisüsteemis. Tõsi küll, õpikus mainitakse tingitud reflekse käsitlevas peatükis möödaminnes tingimatute reflekside pärssimist. Aga muidugi möödub see märkus jäljetult nii õpetajast kui ka õpilasest ja saadakse kujutlus, nagu oleksid pärssimisnähtused omased ainult suuraju poolkeradele, spetsiifilised närvisüsteemi tingreflektoorsele tegevusele. Ometi pole sugugi mitte raske anda elementaarset käsitust reflekside pärssimisest üldkujul, nende pärssimisest kui närvisüsteemi talitluse niisama üldisest avaldusest, nagu seda on reflekside esilekutsumise nähtusedki. Muuseas saab seljaaju reflekside pärssimisnähtusi demonstreerida järgmise katsega.

Riputanud statiivile konna, kelle pea minutit viisteist enne katset on maha lõigatud, kastetakse üks tema koibadest 0,1%-lisse väävelhappelahusesse. Metronoomi või sekundinäitajaga varustatud kella abil määrab õpilaneabiline aja ärrituse algusest kuni konna vastus-reakt-

siooni momendini — koiva väljatõmbamiseni happest („refleksi aeg")[1]. Aeg kirjutatakse tahvlile. Loputanud happe tavalisel viisil maha („vann"), asutakse katse teise poole juurde.

Sama koib kastetakse samasse happesse, aga ühtlasi pigistatakse pintsetiga tugevasti teist koiba ja määratakse ülalkirjeldatud kombel aeg ärrituse algusest vastus-reaktsioonini. Aeg märgitakse üles. Selgub, et see on hoopis pikem kui katse esimeses osas. Refleksi pärsiti. See toimus meie katses sellepärast, et seljaajus tekkis samal ajal peaerutusega (ühe koiva ärritamisest happega) teine, küllalt tugev erutus (teise koiva ärritamisest tugeva pigistamisega).

Iga kord, niipea kui kesknärvisüsteemis tekib teine, antud juhul kõrvaline närvitegevus, annab see end kohe tunda refleksi nõrgenemises või isegi kadumises, s. o. pärssimises. See järeldus tuleb meeles pidada.

Pärssimisnähtusi võib veel rea selgete näidetega illustreerida. Aevastus on väljahingamislihaste kiire reflektoorne kokkutõmbumine, mida põhjustab ninaõõne limaskesta kestev ärritus; kui aevastuse lähenemisel nina tiibu tugevasti hõõruda, siis pärsitakse sellega aevastamist. Õpilased teavad juba, et sülje nõristumine on reflektoorne protsess; kui koerale söömise ajal, mil toimub tugev sülje nõristumine, haiget teha, katkeb sülje nõristumine, vastav refleks on pärsitud. Samasugust nähtust võib täheldada, kui jälgida maomahla reflektoorset nõristumist maouurisega koeral (maomahla nõristumise pärssimine) jne.

Töövahendid. 1—2 konna. Statiiv näpitsaga. Kell sekundinäitajaga või metronoom. Suured anatoomilised käärid. Pintsett. Prepa-

[1] On soovitav enne tundi ühes abilisega refleksi aja määramist harjutada.

reerimisvann. Kaks klaasi (esimene neist on pooleni täidetud veega, teises on 0,1%-line H_2SO_4-lahus). Kork. 1—2 rõhknõela. Käterätik.

4. Peaaju-tüve ja väikeaju anatoomia ja füsioloogia.

Selgroogsete peaaju fülogeneetiline arenemine. Kõigepealt on vaja õpilaste mälus uuendada need teadmised selgroogsete loomade peaaju anatoomiast, mis nad on saanud IX klassis. Selle võrdlevanatoomilise ülevaate puhul tuleb erilist tähelepanu pöörata otsaju suurte poolkerade ja tagaaju väikeaju poolkerade järjepärasele arenemisele fülogeneetilises (s. o. ajaloolis-suguvõsaloolises) reas. Peaaju üldjaotus on kõigil selgroogsetel põhiliselt ühesugune. Kaladel suuraju poolkerad hallollust peaaegu ei sisalda, amfiibidel on hallolluse kogus juba suurenenud ja reptiilidel leidub poolkerade keskosas koguni hallolluse kogumikke [1]. Kuid see esmane hallollus on siiski ainult haistmiserutuste vastuvõtmiseks. Aga neilsamadel reptiilidel on haistesagarate külgedele tekkinud juba väikesed hallolluse kogumikud [2], mis on aju kõrgemate funktsioonide asukohaks. Need hallolluse kogumikud on kõige enam arenenud imetajail ja eriti inimesel. Fülogeneetiliselt tõrjutakse uue hallolluse suurenemisel vana hallollus alla- ja keskkoha poole, kus ta imetajail ja inimesel moodustab väga väikesed suuraju haistesagarad. On huvitav, et väikeaju areneb imetajail üldiselt paralleelselt suuraju poolkerade koore arenemisega.

Käsitelles aju arenemise ajalugu tuleb märkida, et peaaju iidisosadega liituvad uued, anatoomiliselt ja füsioloogiliselt keerukamad moodustised. Mis puutub peaaju

[1] *Archipallium* (primaarne koor).
[2] *Neopallium* (sekundaarne koor).

ülejäänud osadesse (s. o. peaaju osadesse peale suuraju poolkerade ja väikeaju), siis põhiliselt on neil ühesugune ehitus kõigil selgroogsetel. Neid peaaju osi nimetatakse peaaju-tüveks.

„Kogu loomade rea tundmaõppimisel," ütleb Edinger, „jääb mulje, et kesknärvisüsteemi põhilisele aparaadile (seljaajule ja peaaju-tüvele — M. Ts.), millest õigupoolest piisab välismaailma tajumiseks ja olemasoluks vajalike liigutuste korraldamiseks, tuleb juurde uus elund (s. o. peamiselt suuraju poolkerade koor — M. Ts.), mis järkjärgult areneb, nagu näitab võrdlev anatoomia, põiksuuliste kalade otsaju üpris väikesest algest võimsaks, inimesele iseloomulikuks moodustiseks."

Töövahendid. Peaaju märgpreparaat. Peaaju frontaal-, risti- ja pikilõigu õhikpreparaadid. Kala, amfiibi (konna), reptiili (sisaliku), linnu ja imetaja (küüliku või teiste) peaaju märgpreparaadid. Tabelid: „Peaaju" (vaade ülalt, alt ja küljelt, mediaal- ja sagitaallõikes), „Selgroogsete peaaju võrdlevanatoomiline tabel". Inimese peaaju lahtivõetav mudel.

Peaaju ja selle tüvi. Avardanud niiviisi (muidugi populaarsemal kujul) õpilaste teadmisi peaaju võrdleva anatoomia alalt, tuleb siirduda inimese peaaju ehituse üksikasjalisemale tundmaõppimisele.

Niisiis võib inimese peaajus eristada tema tüve, mis on seljaaju otsene jätk, ja tüvega justkui liitunud väikeaju ning suuraju poolkerasid. Väikeaju on tüvega ühendatud nn. väikeaju säärte [1] ehk sillaharude abil, suuraju poolkerad — suuraju säärte [2] abil.

Peaaju-tüve osadest tuleb tähelepanu juhtida piklikule ajule, Varolio sillale, nelikehale ja

[1] Kolm paari sääri: esimene paar läheb piklikku ajju, teine Varolio silda ja kolmas nelikeha juurde.

[2] Üks paar kuulub keskaju koosseisu ja tuleb Varolio sillast.

nägemiskühmudele ning näidata neid tabelil, mudelil ja preparaadil.

Piklik aju ja selle keskused. Pikliku aju käsitlemisel tuleb tema anatoomial peatuda väga lühidalt ja anda siis ülevaade mõnede tema keskuste kohta. Seoses sellega tekib küsimus, mida nimetatakse närvisüsteemis keskuseks ja missugune on selle termini füsioloogiline mõte.

Juhtinud tähelepanu sellele, et piklik aju, olles seljaaju otsene jätk, säilitab üldjoontes ka tema struktuuri (hall- ja valgeolluse üldasetuse), märgib õpetaja, et seljaaju keskkanal laieneb piklikus ajus ja moodustab väikese ööne, vatsakese [1], mis on täidetud ajuvedelikuga.

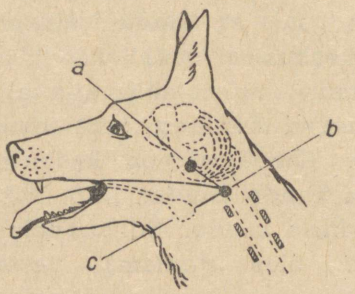
Pikliku aju keskustest mainitakse hingamis-, südametegevuse, neelamis-, higi ja sülje eritumise keskust. Neist keskustest tunnevad õpilased juba hingamis- ja süljenõristuskeskust. Seepärast on keskuse mõistet kõige parem selgitada nende kaudu. Eriti sobiv on seda teha süljenõristuskeskuse kaudu. Süljenõristusrefleksi analüüsimiseks peab üles riputama vastava klassitabeli (joon. 86).

Õpilased teavad juba, et sülje nõristumine on reflektoorne protsess. Nad teavad samuti (ja seda on vaja nende mälus taastada), et süljerefleksi alguseks on tsentripetaalsete närvikiudude (nende hulgas maitsmiskiudude) lõpmete ärritamine; et nende ärritamisega põhjustatud erutused juhitakse piklikku ajju (rõhutada, et hallollusesse!) ja antakse siin tsentripetaalseilt närvikiududelt edasi tsentrifugaalseile, ja viimaks, et nende tsentrifugaalsete närvikiudude kaudu juhitakse erutused süljenäärmeisse, mis nende mõjul hakkavad intensiivselt sülge produtseerima ja nõristama. Süljenõristuskeskuseks on pikliku aju see väga väike hallolluse piirkond, milles sulgu-

[1] Neljas ajuvatsake.

vad süljerefleksi kaared. Mainitud piirkonna selle keskuse vigastumise või hävimise tagajärjel süljerefleksid kaovad ja sülje nõristumise regulatsioon katkeb.

Suurepäraseks eeskujuks võib samuti olla analüüs neelamisrefleksi seose kohta pikliku aju neelamiskeskusega. Toetudes läbivõetud näiteile teeb õpetaja järelduse: keskusteks nimetatakse närvisüsteemis aju piirkondi, mille kaudu sulguvad refleksikaared, mis on seotud ühtede või teiste elufunktsioonidega ja mis seega reguleerivad neid funktsioone.



Joon. 86. Süljenõristusrefleksi skeem: *a* — maitsmispiirkond; *b* — süljenõristuskeskus; *c* — süljenääre.

Hingamiskeskus reguleerib reflektoorselt hingamisliigutusi (sisse- ja väljahingamist), südametegevuse keskus — südametegevuse suurenemist ja nõrgenemist.

Kõige tähtsam, mida õpetaja siin peab taotlema, on selge käsituse andmine sellest, et kui kõneleme elundite funktsioonide regulatsioonist ajukeskuste poolt, siis peame alati silmas reflektoorseid protsesse, aga mitte mingit „valitsemist" keskuste poolt. Seda laadi ebatäpsed väljendused viivad idealistlike, vitalistlike kujutluste tekkimisele, kesknärvisüsteemi füsioloogia animeerimisele (hingestamisele).

Töövahendid. Tabel „Süljenõristusrefleksi skeem".

Varolio sild, nelikeha ja nägemiskühmud. Keskkooli kursuse ulatuses pole meil muidugi mingit võimalust liigutuste keeruka koordinatsiooni (järjepärane koordinatsioon, rütm, mitut liiki toonilised kokkutõmbed jne.) küsimuse puudutamisel laiaulatuslikumalt käsitella vastastikuseid füsioloogilisi vahekordi ja seoseid selja-, pikliku, taga-, kesk- ja vaheaju vahel. Meie ei või isegi elementaarsel kujul puudutada küsimust propriotseptiivseist refleksidest ja järelikult siis ka mitte kesknärvisüsteemi füsioloogia neid uurimismeetodeid, millele panid aluse Sherrington'i, Magnus'e, Orbeli jt. uurimised.

Teatav käsitus vahe-, kesk- ja tagaaju füsioloogilisest ülesandest liigutuste koordineerimisel koos pikliku aju ja seljaajuga tuleb ikkagi anda. A. N. Kabanov'i stabiilses õpikus on säärane materjal toodud, aga seal ei ole sugugi rõhutatud seda asjaolu, et kõigi liigutuste koordinatsioon on tingitud seljaaju, peaaju-tüve ja väikeaju ühisest talitlusest.

Ei saa üldse nõustuda A. N. Kabanov'iga, kui ta püüab Varolio silla, nelikeha ja nägemiskühmude funktsioone eraldi käsitella. See on väär nii metodoloogiliselt kui ka metoodiliselt. Tüve nende osade füsioloogiat tuleb käsitella tervikuna, eriti keskkoolis.

Meenutanud katseid seljaaju-konnaga, juhib õpetaja tähelepanu sellele, et niisuguse konna kõik lihased on teatavas pingeseisundis, mis kaob seljaaju purustamisel. Samuti meenutab õpetaja seda, et säärane konn säilitab võime sooritada kõige lihtsamaid reguleeritud ja seotud (koordineeritud) liigutusi. Aga konn, kellel kogu peaaju on kõrvaldatud, ei ole suuteline teostama sääraseid kee-

rukaid liigutusi, nagu seda on ujumine, hüppamine jne.[1]. Kui konnal kõrvaldada ainult suuraju poolkerad, aga peaaju-tüvi ja väikeaju terveks jätta, siis ta sooritab kõiki temale omaseid keerukaid liigutusi.

Õpilastele peab kõnelema sellest, et rohked katsed, mis on hiljaaegu teostatud imetajate loomadega (kassidega, koertega, ahvidega), eemaldades nende peaaju eri osi, on näidanud, et peaaju-tüve, väikeaju ja seljaaju tervena säilimisel need loomad mõni aeg pärast operatsiooni seisavad, käivad, jooksevad ja hüppavad, s. o. sooritavad korrapäraseid keerukaid liigutusi. Katsed peaaju-tüve üksikute osade eemaldamise ja vigastamisega annavad võimaluse otsustada, milline tähtsus on neil osadel loomade säärastele reguleeritud ja seotud (koordineeritud) keerukatele liigutustele, nagu seismine, jooksmine, hüppamine ja nn. akrobaatilised liigutused (ronimine, kassi osav kukkumine kõrgelt jms.). Need keerukad liigutused toimuvad ahelrefleksside kaasabil, mis teostuvad peaaju-tüve osavõtul.

Ahelrefleksid. Käsitus ahelrefleksist tuleb anda mingi konkreetse koordineeritud keeruka liigutuse, näiteks käimise analüüsi põhjal.

Õpetaja konstateerib kõigepealt, et käimisprotsess toimub tavaliselt teadvuse osavõtuta: käimisel me ei kaalu iga sammu. Aga ometi võtab käimisprotsessist osa mitte ainult suur hulk jalgade, vaid ka käte ja isegi kere lihaseid. Astudes aegamööda kaks-kolm sammu, näitab õpetaja: 1) vasak jalg viskub ette ja tema pöia ots laskub alla; 2) ühel ajal sellega viskub veidi ettepoole parem

[1] Kui konna pea mahalõikamisel ei kõrvaldata kogu peaaju, siis võib konn tänu tüve alalejäänud alumistele osadele säilitada ujumis- ja hüppamisvõime. Seepärast meenutame uuesti leheküljel 351 antud juhendeid.

käsi ja kõverdub rinna suunas, keha kogu raskus langeb paremale jalale; 3) vasak jalg laskub maha ja parem jalg tõuseb varvastele; 4) kogu keha raskus kandub üle vasakule jalale; 5) parem jalg viskub ette ja algab teine samm, kusjuures kogu protsess hakkab korduma, aga juba parema jala ja vasaku käe suhtes. Kolmas samm on analoogiline esimesega, neljas — teisega jne.

Näeme siin jalgade, käte ja kere teatava hulga lihaste reeglipärast kordamööda toimuvat kokkutõmmete ja lõdvete vaheldumist. Lihaste reflektoorsed kokkutõmbed ja lõtved järgnevad käimisel üksteisele, kordudes korrapärases järjestuses nagu ahela lülid. Neid keerukaid koordineeritud liigutusi reguleerivad korrapäraselt ja rütmiliselt üksteisele järgnevad korduvate reflekside erutused ja pärssimised. Käimisprotsessi reguleerib lihtsate reflekside ühendus — ahelrefleks. Käimise, jooksmise, hüppamise, ronimise jne. ahelreflekse teostab kesknärvisüsteem, kuid peaaju-tüve vältimatul osavõtul; viimase hävimisel või vigastumisel muutuvad need refleksid võimatuks [1]. Peaaju-tüves on seismise, käimise, jooksmise jne. ahelrefleksside keskused.

Instinktiivsed liigutused. IX klassi zooloogia kursuses tutvusid õpilased tähtsa küljega loomade käitumises — nende instinktiivse tegevusega. Uuendanud õpilaste mälus neile tuttavad faktid ja näited ning selgitanud nende põhjal uuesti instinktiivse käitumise iseloomulikke jooni (sünnipärasust, liigutuste järjestuse masinlikkust, suhtelist otstarbekohasust, avaldumisaja ja organismi üldise füsioloogilise seisundi vahelist seost), juhib õpetaja tähelepanu sellele, et instinktiivsed liigutused on omased ka imetajaile loomadele ja instinktiivse käitumise elemente leidub ka

[1] Muidugi käsitellakse sääfase tõlgenduse puhul keerukate liigutuste koordineerimisnähtusi erakordselt lihtsustatult, aga, kordame uuesti, keskkoolis ei olegi vajadust ja võimalust neid nähtusi põhjalikumalt käsitella. Otoliidireflekside ja lookkanalite tähtsust võib puudutada kuulmiselundite tundmaõppimisel.

inimesel. Instinktiivse käitumise eeskujuna imetajail loomadel võib tuua mõningaid igaühele hästi tuntud jooni näiteks kassipoegade käitumisest. Kassipoeg, kes ei ole veel kunagi koera näinud, võtab vastuseks tema urisemisele kaitseseisaku — ajab selja küüru, turritab karvad, sirutab küünised välja, teeb sisisevaid hääli (enesekaitse-instinkt); kassipoeg hakkab kõigi kassivõtetega taga ajama iga pisikest liikuvat eset, mis meenutab väikest looma (kallaletungi-instinkt); imeja kassipoeg, kes endale iseseisvalt veel kunagi toitu pole hankinud, hakkab pärast ema kaotamist ise oma toidu eest hoolitsema (toiduhankimise-instinkt) jne. Võib tuua veelgi näiteid imetajate instinktiivsest käitumisest.

Kuna putukail kogu nende keerukas käitumine peaaegu lõpebki instinktiivse tegevusega ja kuna lindudel instinktiivne tegevus moodustab veel tunduva osa nende käitumisest, jääb imetajail loomadel instinktiivne tegevus hoopis tagaplaanile — nende käitumine on kõrgemate peaaju-piirkondade, s. o. neil kõrgema arenemisastme saavutanud suuraju poolkerade koore tugevama „kontrolli" all. Veelgi enam jääb inimesel tema võimsalt arenenud suuraju poolkerade tõttu instinktiivne tegevus tagaplaanile. Temal reguleerib instinktiivse tegevuse avaldusi kõrgema närvisüsteemi talitlus, instinktiivne tegevus on suuraju poolkerade koore tegevuse kõrgeima avalduse — mõistuse alatise ja otsustava kontrolli all.

Teadmistest instinktiivse tegevuse kohta võib nüüd teha järgmise kokkuvõtte: instinktiivsed liigutused on keerukad sünnipärased ahelrefleksid, mis on ajaloolise välja arenenud evolutsiooniprotsessis, võitlusprotsessis olemasolu eest.

Õpilastele tuleb kõnelda sellest, et mõned katsed imetajate loomadega annavad alust arvamuseks, et nende keerukate ahelrefleksides teostumisel etendavad suurt osa peaaju-tüvi ja eriti nägemiskühmud. Nii kaovad koeral, kellel suuraju poolkerad on eemaldatud ja nägemiskühmud vigastatud, mõned instinktiivsed enesekaitseliigutused. Kui opereerimata koerale või koerale, kellel ainult suuraju poolkerad on eemaldatud, toidusse lisada kiniini, hakkab ta pärast selle proovimist puristama ja teeb kaitseliigutusi, et kiniini suuõõnest eemaldada. Teisiti on lugu koeraga, kelle nägemiskühmud on vigastatud, — tal kaovad instinktiivsed enesekaitseliigutused.

Väikeaju. Käsitelles väikeaju ehitust peab õpilaste tähelepanu juhtima sellele, et imetajail moodustab väikeaju väga suure osa peaajust, et väikeaju hallollus on võimsalt arenenud ja et ta on paljude närviteede abil ühenduses nii peaaju-tüvega kui ka suuraju poolkeradega. Hallolluse võimas areng ja mitmesugused ühendused kesknärvisüsteemi teiste osadega kõnelevad sellest, et väikeaju etendab mingit väga tähtsat osa närvisüsteemi tegevuses. Aga peab märkima, et väikeaju füsioloogiat pole käesoleva ajani veel küllaldaselt uuritud.

Igal juhul on väikeajul kõige lähemalt tegemist keerukate liigutuste reguleerimisega. Sellest kõnelevad väikeaju eemaldamise operatsioonide tagajärjed loomadel. Koer, kelle väikeaju on kõrvaldatud, pillub kõndimisel jäsemeid rohkem kui vaja; ta heidab neid külgedele, lööb neid suurema jõuga vastu põrandat kui normaalne loom; tema käik muutub kõikuvaks, ebakindlaks, kukkumised sagenevad; loom ei saa korralikult püsti seista; ta säilitab tasakaalu ainult jalgu kaugele harki ajades, kõikudes seejuures paremalt vasakule ja eest taha; tema pea teeb vankuvaid liigutusi külgedele, üles ja alla; üldse kaasnevad kõigi liigutustega võnkeliigutused ja värin.

„Tavaliselt tekib paljudel eksikombel säärane kujutlus, et väikeaju on elund, mis teostab tasakaalureflekse. See on väär." „Kõneldes kõrgemaist loomadest ja inimesest, peame ütlema, et kõik kõrgemad närvifunktsioonid teostuvad suuraju poolkerade arvel. Kui see aparaat on täiesti korras, aga on kaotanud oma kaastöölise lihaste valitsemise alal (s. t. väikeaju on eemaldatud — M. Ts.), ja see tohutu lihastehulk, mis on kohandatud tööks teatavas järjestuses, teatavais kombinatsioonides, ei allu enam millelegi, sest tal ei ole pärssivat abilist (väikeaju — M. Ts.), kes suruks maha lihaskonna tegevuse vanad vor-

mid (s. o. tema tegevuse vormid, mida reguleerivad selja aju ja peaaju-tüvi — M. Ts.) ja alistaks tema suuraju poolkerade koore tegevusele", siis tekivad kõik ülalkirjeldatud liikumishäired. „Selleks, et suuraju koor oleks võimeline teostama ja ümber jaotama erutuse ning pärssimise koldeid seljaajus (ja peaaju-tüves — M. Ts.) ja sellesama seljaaju (ja tüve — M. Ts.) arvel teostama koordineeritud liigutusi uutes vormides ja uues järjestuses, vajab peaaju koor teatavaid abistajaid. Selleks abistajaks on väikeaju" [1].

Ülaltoodud tsitaadid on antud selleks, et õpetajal oleks võimalus, muidugi hoopis lihtsamal ja populaarsemal kujul, valgustada seda liigutuste „kujunemist", millest kõneleb õpik. Nende tsitaatide peamõtte võib õpilastele edasi anda järgmise mõttekäigu abil. Hulk liigutusi kõrgemail loomadel, eriti aga inimesel teostub suuraju poolkerade koore osavõtul. Need on liigutused, mis arenevad elukogemuse, väljaõppe tagajärjel. Selle liigutuste kategooria hulka kuuluvad ka inimese teadlikud liigutused. Et keerukad liigutused, mida reguleerivad aju alumised „korrused" — tüvi ja seljaaju, on sünnipärased, muutumatud, järgnevad masinlikult üksteisele, siis toimub nende muutmine, kohandamine organismi uute vajadustega, mis on seoses suuraju poolkerade tegevusega, väikeaju reflekside osavõtul. Väikeaju on ses mõttes nagu suuraju poolkerade „abiliseks". Seepärast toimubki kõrgemail loomadel väikeaju arenemine, nagu juba ülalpool tähendatud, paralleelselt suuraju poolkerade arenemisega.

Väikeaju füsioloogia tundmaõppimine sääraselt vaatekohalt on loomulikuks üleminekuks suuraju poolkerade füsioloogia tundmaõppimisele.

---

[1] L. A. Orbeli, akadeemik, Loengud närvisüsteemi füsioloogiast.

5. Vegetatiivse närvisüsteemi anatoomia ja füsioloogia [1].

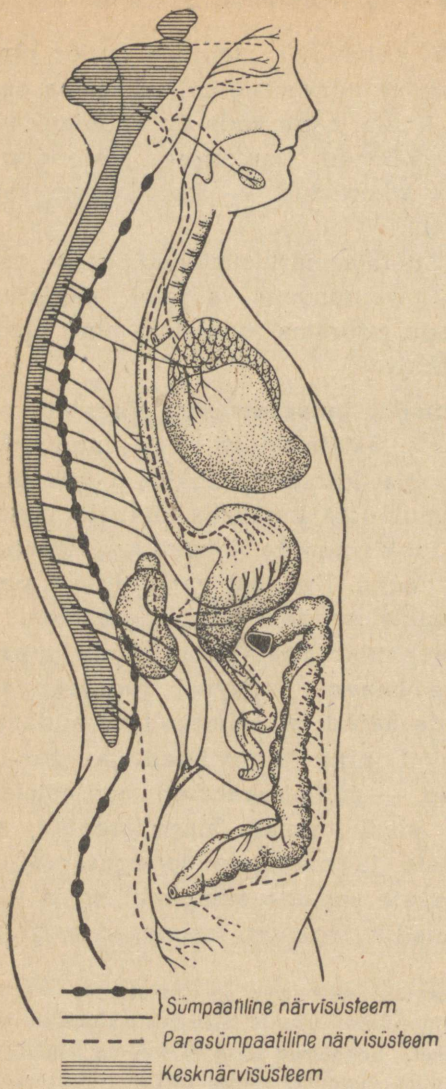
Kursuse ja eriti A. N. Kabanov'i stabiilse õpiku lüngaks on materjali puudumine närvisüsteemi nii tähtsa osa anatoomia ja füsioloogia kohta, nagu seda on vegetatiivne süsteem. Vegetatiivse süsteemi õpetamise metoodikat keskkoolis on väga vähe käsiteldud — koolikogemused sel alal on väga väikesed.

Neil põhjustel peab õpetaja närvisüsteemi selle osa füsioloogia läbivõtmisel valmistama allpool näidatud tabelid ja tõsist tähelepanu pöörama joonistele ning üleskirjutustele õpilaste vihikuis.

Sise-elundite antagonistlik innervatsioon. Vegetatiivse närvisüsteemi mõiste on õpilastele täiesti uus — nad pole sellega IX klassi zooloogia kursuses kokku puutunud; ja kuigi nad eelnevas füsioloogia kursuses tutvusid vegetatiivse närvisüsteemi funktsioonide üksikute joontega, siis seda ainult varjatud kujul. Nendest vegetatiivse süsteemi juba tuttavatest funktsioonidest tulebki alustada.

Rea küsimuste abil meenutab õpetaja õpilastele uuesti seda, et südame soontesüsteemi tegevust reguleerivad sümpaatiliste ja uitnärvide harud; et esimesed on südame kokkutõmmete kiirendajad ning tugevdajad ja samuti sooneahendajad ja teised — südamekoonete aeglustajad ja nõrgendajad. Samal viisil tuletab klass meelde, et mao-soolekulgla silelihaste ja näärmete tegevust reguleerib nende juurde tulevate samade sümpaatiliste ja uitnärvide harude antagonistlik tegevus; esimesed aeglus-

[1] Vegetatiivse närvisüsteemi anatoomia ja füsioloogia õpetamist keskkoolis peame võimalikuks ainult Langley klassikaliste vaadete populariseerimise teel. Seepärast meie ei kõnele luustikulihaste, meele-elundite ja närvisüsteemi sümpaatilisest innervatsioonist ja järelikult ka mitte sümpaatilise süsteemi adaptatsioonilisest ja troofilisest mõjust.



Joon. 87. Vegetatiivne närvisüsteem (skemaatiline tabel).

tavad ja nõrgendavad mao ja soolte silelihaste kokkutõmbeid, teised aga tugevdavad neid.

Pärast nende faktide meenutamist teeb õpetaja järgmised üldkokkuvõtted: sise-elundeis asetsevate südamelihaste, silelihaste ja näärmete tegevust reguleerib neid elundeid paarikaupa innerveerivate närvide antagonistlik (vastandlik) tegevus. Südame, silelihaskiu, samuti nagu näärmerakugi juurde tulevad kahesugused, antagonistlikult toimivad tsentrifugaalsed närvikiud.

Somaatiline ja vegetatiivne närvisüsteem. Pärast nende keha sise-elundite innervatsiooni joonte selgitamist võib s irduda küsimuste käsitlemisele, mis on seoses vegetatiivse

närvisüsteemi kui terviku omapäraste anatoomilis-füsioloogiliste iseärasustega.

Õpetaja juhib õpilaste tähelepanu ülesriputatud klassitabelile „Vegetatiivne närvisüsteem" (joon. 87) ja teeb teatavaks järgmised faktid.

Nagu õpilastele juba teada, on kesknärvisüsteem närvide kaudu ühenduses luustiku vöötlihaste ning üldse kõigi tahteliste liigutuste aparatuuriga ja samuti keha perifeeriaga, s. o. temas leiduvate meele-elunditega (naha meele-elunditega, kuulmis-, haistmis-, maitsmisjne. elunditega). Niiviisi teostavad pea- ja seljaaju oma tsentripetaalsete ja tsentrifugaalsete (motoorsete) närvikiudude reflektoorsete reaktsioonide teel keha kõiki keerukaid liigutusi, mis reguleerivad organismi koostööd ümbruskonnaga. Nagu õpilased allpool veenduvad, moodustub meele-elundite ja kesknärvisüsteemi abil kogu aistingute ja teadvuse kõrgemate avalduste maailm ning teostub samuti piiritult mitmekesine tahteliste liigutuste ala.

Nagu õpilastele teada, toimuvad nende protsesside kõrval organismis rohkearvulised protsessid, mis kindlustavad toitumist ja kasvu, hingamist, vereringet, eritust jne. Need protsessid ongi seotud sise-elundite näärmete ja silelihaste tegevusega. Need närvisüsteemi osad, mis reguleerivad neid protsesse, on somaatilisest (animaalsest) närvisüsteemist teatava määrani sõltumatud, autonoomsed, ja moodustavad erilise vegetatiivse ehk autonoomse närvisüsteemi[1].

[1] Õpilastele võib seletada, et protsesse, mis on vahetus seoses ainevahetusega ja mis toimuvad ilma teadvuseta, on hakatud nimetama taimseteks — vegetatiivseteks, vastandina animaalseile — loomseile (tahtelised liigutused, meele-elundite tegevus jne.).

Vegetatiivse närvisüsteemi anatoomia. Vegetatiivse närvisüsteemi anatoomilist ülevaadet alustab õpetaja perifeersete närvitänkude näitamisega tabelil, juhtides õpilaste tähelepanu sellele, et need tängud asetsevad väljaspool selgrookanalit ja koljuõõnt (neist on tängud, mis kuuluvad sümpaatiliste piirväätide koosseisu, õpilastele juba tuttavad). Need tängud (ganglionid) on vegetatiivse närvisüsteemi anatoomia peamiseks iseloomustavaks jooneks. Tängud koosnevad hallollusest, s. o. neuronite kehade (närvirakkude) kogumikest. Neist rakkudest väljuvad kiud (neuriidid), milledel puuduvad rasvataolisest ollusest kestad (säsitud kiud). Seepärast on neist kiududest koosnevad närviharud halli värvi. Iga neuriit suundub tängust silelihaskiu või näärmeraku juurde.

Näidates tabelil juhib õpetaja tähelepanu sellele, et vegetatiivse närvisüsteemi kõik tängud on siiski anatoomiliselt seotud somaatilise närvisüsteemiga. Nimelt väljuvad pea- ja seljaaju mõnede piirkondade hallolluse teatavaist rakkudest neuriidid, mis on kaetud säsikestaga. Need neuriidid tungivad vegetatiivse närvisüsteemi tänkudesse. Siin moodustavad nad vegetatiivsete tänkude närvirakkude jätketega kokku puutudes pintsitaolised harud. Niiviisi muutub õpilastele arusaadavaks, et erutused, mis tekivad somaatilises närvisüsteemis, võivad siirduda vegetatiivse närvisüsteemi neuriitidele ja siit siseelundite silelihastele ning näärmetele.

Füsioloogiline seos somaatilise ja vegetatiivse närvisüsteemi vahel. Seda asjaolu on tarvis kinnistada järgmiste näidetega. Kass nägi hiirt, sööstis tema juurde, kägistas ta ja hakkas teda tükkideks rebima ning sööma. Siin on meil tegemist rea protsessidega, mis kulgevad meele-elundeis ja luustiku vöötlihaseis, s. o. protsessidega, mida reguleerib kesknärvisüsteem.

Aga pärast seda algavad sülje nõristumine süljenäärmete poolt, maomahla nõristumine maonäärmete poolt, söögitoru, mao ja soolte silelihaste liigutused, s. o. rida protsesse, mis teostuvad vegetatiivse närvisüsteemi kaudu. Niiviisi siirdusid erutused, mis tekkisid somaatilises närvisüsteemis, üle vegetatiivsele.

Koer tormas kassi kallale, kass nägi teda ja pistis jooksu — siin on meil tegemist protsessidega, mida reguleerib somaatiline närvisüsteem; aga ühes seilega toimuvad kassil veresoonte ahenemine (sooneseinte silelihased), südametuksete sagenemine, karva turritumine (karvasibulate silelihaste kokkutõmbumine) jne., s. o. vegetatiivse närvisüsteemi reaktsioonid. Sääraseid näiteid võib muidugi esitada nii palju, kui soovitakse. Ka õpilastel endil tuleb tuua ja analüüsida mitu säärast näidet.

Järeldused. 1. Looma ja inimese kõik eluprotsessid reguleeruvad somaatilise ja vegetatiivse närvisüsteemi talitluse koordinatsiooni teel.

2. Protsesside kulgemise omapära somaatilises ja vegetatiivses närvisüsteemis seisab selles, et sel ajal kui esimeses erutus kulgeb tsentrifugaalseid kiude mööda otseteed luustikulihastesse, läheb teises erutuse tee läbi vegetatiivsete tänkude (ganglionide) rakkude.

Need järeldused kirjutatakse õpilaste poolt vihikuisse.

Vegetatiivse närvisüsteemi sümpaatiline ja parasümpaatiline osa. Nüüd pöördub õpetaja tagasi sise-elundite innervatsiooni antagonistliku tegevuse küsimuse juurde ja teatab, et vegetatiivses närvisüsteemis on vastupidiselt toimivad osad anatoomiliselt diferentseerunud. Seoses sellega eristatakse vegetatiivses närvisüsteemis sümpaati-

list ja parasümpaatilist osa [1]. Tabelil on esimene kujutatud punase, teine sinise värviga. Õpilastele tuleb näidata, et peaaegu iga sise-elundi juurde lähevad nii sümpaatilised kui ka parasümpaatilised harud.

Sümpaatilised tängud on õpilastele juba tuntud — need on piirtüved. Tuleb näidata ka päikjaspõimikut. Mis puutub parasümpaatilistesse tänkudesse ja närvidesse, siis neist tuleb tähelepanu juhtida ainult tänkudele ja uitnärvi (peaajunärvide X paar) üldkäigule; parasümpaatilise süsteemi tserebraalsest (III, VII ja IX paar), samuti sakraalsest osast ei tule kõnelda.

Vegetatiivse närvisüsteemi ehituse lihtsustatud skeemi peab õpetaja joonistama klassitahvlile (soovitav värviliste kriitidega), kust õpilased selle oma vihikuisse kannavad ja kodus värviliste pliiatsitega üle joonistavad.

Mõlemate süsteemide toime antagonismi võib ja on isegi soovitav juba tuttavate näidete (südame, soolte) varal uuesti meenutada.

Suurema ülevaatlikkuse mõttes võib teadmised sümpaatilise ja parasümpaatilise süsteemi antagonistlikust tegevusest fikseerida järgmise tabeli abil:

	Süda	Näo veresooned	Magu	Sooltoru	Silmaava (tema silelihased)
Sümpaatiliste närvide erutus	Talitluse kiirenemine ja tugevnemine	Ahenemine	Talitluse nõrgenemine	Peristaltika nõrgenemine	Laienemine
Parasümpaatiliste närvide erutus	Talitluse aeglustumine ja nõrgenemine	Laienemine	Talitluse tugevnemine	Peristaltika tugevnemine	Ahenemine

[1] Õpilastele võib jutustada termini „sümpaatiline närv" päritolust: vanad anatoomid arvasid, et see närv tingib „kaastunnet", „sümpaatiat", elundite kooskõla.

Sümpatikotroopsed ja vagotroopsed ained. Kui on olemas võimalus, siis võib klassis puudutada veel säärast vegetatiivse süsteemi funktsioonidega seoses olevat küsimust, nagu sümpatikotroopsete ja vagotroopsete ainete mõju vegetatiivseile funktsioonidele. Seejuures kõneldakse õpilastele järgmistest faktidest.

Vegetatiivse närvisüsteemi sümpaatilise ja parasümpaatilise osa antagonistlik toime avaldub väga selgesti juhul, kui organismi teatavate ainetega mõjutada.

Kui näiteks loomale verre süstida adrenaliini, siis sageneb ja tugevneb loomal südametegevus, toimub veresoonte ahenemine jne. Lühidalt, tekivad nähtused, mis on analoogilised sümpaatilise süsteemi ärritamisel esinevate nähtustega. Kuid adrenaliini süstimine ei põhjusta mingeid parasümpaatilise iseloomuga nähtusi.

Teisiti mõjub sääraste ainete, nagu pilokarpiini (taimse päritoluga mürkaine) või koliini (mürkaine, mis sisaldub näiteks sapis) süstimine. Need toimivad sarnaselt parasümpaatilise süsteemi erutustega (südametegevuse nõrgenemine ja aeglustumine, soolte peristaltika tugevnemine jne.).

Muidugi ei või keskkoolis juttugi olla vegetatiivse süsteemi tegevuse ja vago- ning sümpatikotroopsete ainete vastastikuse seose ja koostöö küsimuste käsitlemisest.

Katseid adrenaliini ja koliini toime kohta südametegevusse võib korraldada õpperingis.

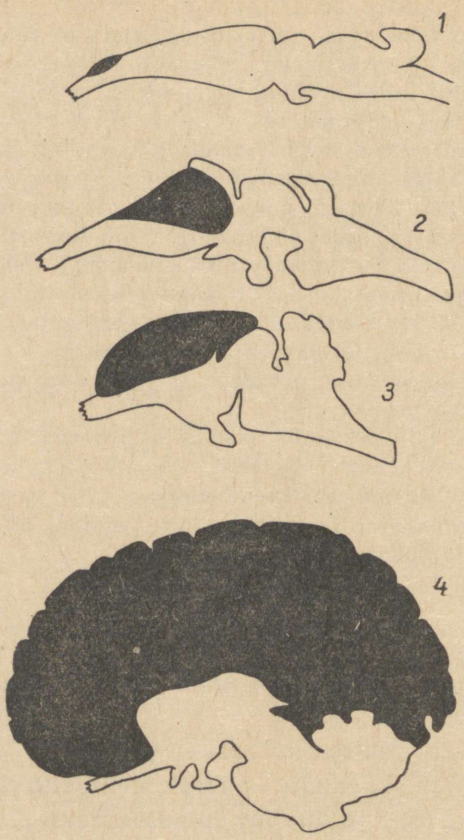
Töövahend. Tabel „Vegetatiivne närvisüsteem".

6. Suuraju poolkerade anatoomia ja füsioloogia.

Selle väga tähtsa ja raske teema-osa läbivõtmisel tuleb õpetajal kasutada peamiselt loengulist õppetöö vormi. Selge, elav ja huvitav jutustus peab siin asendama keskkooli tingimustes teostamatuid demonstratsioone ja laboratoorseid töid. Teoreetiline ja metoodiline ettevalmistus nendeks loenguteks on väga tähtis, seepärast peab õpetaja hoolikalt orienteeruma suuraju poolkerade koore füsioloogia alases kirjanduses.

Teema selle osa tohutu hariduslik ja kasvatuslik tähtsus nõuab õpetajalt peale selle veel selget arusaamist

neist piiridest, mille ulatuses keskkoolis võib ja peab käsitlema inimese kõrgema närvitegevuse küsimusi. Õpe-

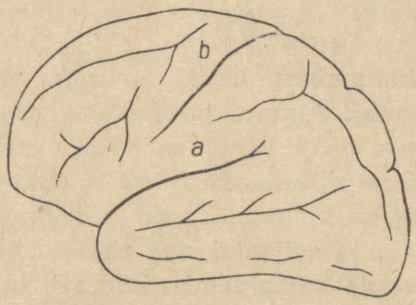


Joon. 88. Suuraju poolkerade koore arenemine selgroogsetel (skeem): 1 — kalal; 2 — sisalikul; 3 — küülikul; 4 — inimesel.

taja ei tohi unustada, et kõrgema närvitegevuse küsimuste puhul ta peab jääma füsioloogilise uurimise piiridesse ega tohi tungida teaduse sellele alale, mis käsitleb psüühika kõrgemaid materialistlikke seaduspärasusi,

nimelt psühholoogia alale tema spetsiifiliste seaduspärasustega. Konkreetseid juhendeid selle küsimuse kohta leiab õpetaja allpool.

Suuraju poolkerade anatoomia. Üldise käsituse selgroogsete loomade suuraju poolkerade koore evolutsiooni käigust on õpilased saanud eelmistes tundides (vt. lk. 357). Siin võib neid fakte uuesti meelde tuletada ja klassitabeli abil illustreerida (joon. 88). Juhtides tähelepanu suuraju poolkerade koore vagude (sissesopististe) ja käärude (sissesopististe-vaheliste kõrgendite) tugevale



Joon. 89. Inimese peaaju (skeem): *a* — Sylvius'e lõhe; *b* — Rolando vagu.

arengule, selgitab õpetaja, et selle läbi suuraju poolkerade pind suureneb, s. o. suuraju poolkerade koore hallolluse mass kasvab tunduvalt. Aga et hallollus koosneb närvirakkude kehade kogumikest ühes nende lähimate harudega, siis on arusaadav, et inimese suuraju poolkerade koores sulguda võivate refleksikaarte hulk on erakordselt suur, märksa suurem kui ühelgi loomal.

Kõigist rohkearvulistest vagudest, mis teevad ajukoore pinna üleni kirjuks, tuleb aju tabelil, mudelil või märgpreparaadil märkida kaht kõige suuremat ja sügavamat:

üht, mis kulgeb kummalgi poolkeral peaaegu horisontaalselt eest taha ja mis lahutab koore oimuosa tema teistest osadest [1], ja teist, mis läheb risti ülalt alla ja natuke ettepoole ning eraldab ajukoorest selle laubasagarad [2] (joon. 89). Tuleb samuti tähelepanu juhtida sellele, et suuraju poolkerad, nagu kogu peaajugi, on kaetud kolme kelmega: välise, sidekoelise kelmega, mis on kasvanud kolju luude sisepinna külge (kõvakelme), keskmise, õhukese ja läbipaistva kelmega (ämmalkelme) ja sisemise kelmega, milles harunevad rohkearvulised aju toitvad veresooned (soon- ehk pehmekelme).

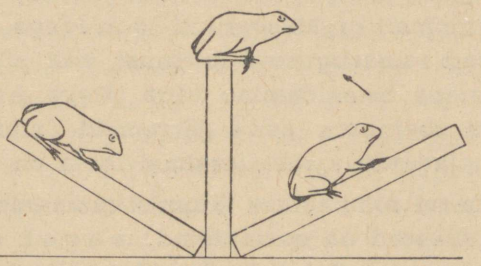
Töövahend. Tabel „Selgroogsete loomade suuraju poolkerade koore evolutsiooniline areng".

Loomade käitumine, kellel suuraju poolkerad on eemaldatud (konn). Suuraju poolkerade füsioloogia uurimise meetoditega tutvustamist on kõige otstarbekohasem alustada jutustusega loomadest, kellel suuraju poolkerad on eemaldatud, kesknärvisüsteemi ülejäänud osad (peaaju-tüvi, väikeaju ja seljaaju) aga säilinud. Fakt, et konn suuraju poolkerade eemaldamist kergesti talub ja et niiviisi opereeritud konnad võivad niisama kaua elada nagu normaalsedki konnad, äratab tavaliselt suurt imestust. See imestus kasvab veelgi, kui õpilased kuulevad, et sääraste konnade käitumine peaaegu ei erine opereerimata konnade omast: nad hüppavad samuti, säilitavad tasakaalu, püüavad saaki, sigivad, otsivad endile talvituskoha jne. Kuid meenutamine, et amfiibide suuraju poolkerades peaaegu ei olegi närvirakke, teeb need faktid arusaadavaks.

Suuraju poolkeradeta konna demonstreerimine. Suuraju poolkeradeta konna demonstreerimine pole tingimata tarvilik, aga siiski väga soovitav; keskkoolis on selle küsimuse alal võimalik ainuüksi järgnev demonstratsioon.

[1] Sylvius'e lõhe ehk külgmine suurajulõhe.
[2] Rolando vagu ehk keskvagu.

Poolkerad on otstarbekohane eemaldada paar päeva enne demonstratsiooni. Selleks mähitakse kogu konn, välja arvatud pea, käterätikusse ja tehakse kaks naha lõiget nii, et need silmi puudutamata ninamiku keskel nurgana kokku jookseksid. Tagasiheidetud nahatüki taga paljastub ajukolju. Terava skalpelliga kaabitakse ettevaatlikult koljulae luukesi niikaua, kuni saadakse väike auk. Sellesse pistetakse horisontaalselt väikeste teravate prepareerimiskääride tera ja lõigatakse kolju luud kolmnurgana välja. Lõige tehakse tahapoole kuni selle kohani, kus keskjoone kohal algavad lihased. Tarvitseb äralõigatud lagi ettevaatlikult maha võtta, ja



Joon. 90. Konna liikumine kaldlikul tahutud palgikesel.

avanebki kogu peaaju. Nüüd eraldatakse peene terava skalpelliga suuraju poolkerad (tähelepanelikult jälgida, et ei vigastataks nägemissagaraid jm., parem pisut vähem kui rohkem lõigata). Ettevaatliku prepareerimise puhul ei ole verekaotus suur, aga kohe, kui ilmub veri, tuleb haava kohale asetada 3%-lises vesinikülihapendis niisutatud vatitükike. Lõpetanud operatsiooni, tampoonitakse haav vatiga ja kallatakse kolloodiumiga üle[1].

Tunnis näidatakse järgmisi katseid:

1. Konn säilitab keha tasakaalu ja hüppab nagu normaalne konn, kui teda puudutatakse; seejuures põikab ta takistuste eest kõrvale.

2. Olles visatud veekaussi, ujub ta samuti nagu opereerimata konn.

3. Olles selili pandud, keerab ta enese kohe ümber.

---

[1] Haava võib samuti katta nahatükikesega ja ääred tavalise peene nõela ja niidiga kinni õmmelda.

4. Kui konn asetada kaldlikule tahutud palgikesele ja seda palgikest aegamööda keerata, nagu on näidatud joonisel 90, siis ta ronib sinna, kus ta saab võtta mugavama asendi.

Töövahendid. 2—3 konna. Väikesed anatoomilised käärid. Skalpell. 1—2 pintsetti. Kaks prepareerimisnõela. Prepareerimisvann. Käterätik. Tahutud puupalgike. Hügroskoopiline vatt. Kolloodium. 3%-line vesinikülihapend. Füsioloogiline lahus külmaverelistele. Nõel niidiga.

Suuraju poolkeradeta tuvi. Edasi jutustab õpetaja sellest, et kõrgemalt organiseeritud loomadega ei anna säärased katsed samasuguseid tulemusi, neil põhjustab peaaju poolkerade eemaldamine väga järske muudatusi käitumises, ja seejuures seda järsemaid, mida kõrgemal suuraju poolkerade arenemisastmel loom on.

Jutustamisel rõhutatakse järgmisi momente. Tuvi, kelle suuraju poolkerad on eemaldatud, magab alguses peaaegu kogu aja. Kui teda äratada, käib ta täiesti normaalselt, tõuseb ja säilitab keha tasakaalu; kui teda üles visata, lendab ta normaalselt, mispeale ta maha istub; seejuures lendab ta takistustest mööda, mis tunnistab nägemise säilimist; ta teeb ka nokkimisliigutusi, aga täiesti tühja; sellest hoolimata et tema ümber on puistatud nii palju toitu, et ta kõnnib sellel, nokib ta õhku ning võib nälga ja janusse surra, kui talle aeg-ajalt teri noka vahele ei pandaks ja pipetiga vett suhu ei kallataks. Seejuures teeb tuvi normaalseid neelamisliigutusi; toit ja vesi lähevad seedeaparaati, kus nad seeditakse normaalselt; selle tõttu võib opereeritud tuvi määramatult pikka aega elada, aga ainult tingimusel, et tema eest alatiselt hoolitsetakse, s. o. kui talle toitu ja vett suhu antakse.

Suuraju poolkeradeta tuvi ei reageeri esialgu inimese ja isegi oma ohtlikemate vaenlaste, kassi või koera juuresolekule: pärast len-

damist võib ta ühteviisi istuda toolikorjul, õrrel ja kassi seljal.

Jutustamisel on vaja erilist tähelepanu juhtida suuraju poolkeradeta tuvi käitumise omapärale, kusjuures tuleb vältida sääraseid väljendeid, nagu „tuvi ei taipa, ei saa aru" jne. Peab püüdma, et ka õpilased oma jutustuses ei tarvitaks käesoleval juhul sääraseid väljendeid.

Ülaltähendatud fakte kokku võttes rõhutab õpetaja: tuvid, kelle suuraju poolkerad on eemaldatud, säilitavad täiel määral võime sooritada kõige peenemaid ning keerukamaid liigutusi ja hoida keha tasakaalus; nad ei kaota nägemist ega muid meeli; aga nad on esialgu kaotanud otstarbekohase tegutsemise võime, mis on suunatud toidu otsimisele, enesekaitsele ohtude vastu jne., s. t. need käitumise jooned, mis nad on omandanud individuaalse kohanemise, elutingimustega kohastumise tulemusena.

Suuraju poolkeradeta koer. Edasi jutustab õpetaja sellest, et suuraju poolkerasid õnnestub eemaldada isegi säärastel kõrgemalt organiseeritud loomadel, nagu koertel, säilitades nende elu pikaks ajaks (poolteist, isegi kolm aastat)[1]. Niisuguste koerte käitumises märgib õpetaja järgmisi jooni.

Koer muutub tundmatuseni. Suurema osa päevast veedab ta magades ja ärkab ainult üksikute, peamiselt sise-elundeist lähtuvate ergutuste sunnil: kusepõie ja pärasoole täitumise ning soolte näljaperistaltika mõjul. Siis ta ärkab ja hakkab ühest kohast teise rändama, kuni vabaneb roojast ja uriinist ning kuni teda kunstlikult söödetakse. Kui söök ja jook tema ette panna, ei kasuta ta

[1] Goltz'i, Rothmann'i ja Zeljonõi katsed.

neid, vaid hakkab sööma alles siis, kui tema koon toidukaussi pistetakse. Keerukad mälumis- ja neelamisliigutused, nagu toidu seedimis- ja omastamisprotsesski, toimuvad täiesti õieti ja kooskõlastatult; ka teiste elundite tegevus ei kannata.

Opereeritud koer ei reageeri peremehe kutsele üldse, olgugi et tal kuulmine on säilinud (tugevate häälte puhul tõstab ta pead). Ta ei reageeri sääraste loomade juuresolekule, nagu kass ja küülik, kes normaalse koera juures põhjustavad kallaletungi-akti. Kuid iga puudutuse puhul, isegi laboratooriumiteenija poolt, kes teda iga päev söötmiseks puurist välja laseb, ajab ta hambad irevile, aga seda kallaletungi-abinõu valitseb ta nii saamatult, et tegelikult tal peaaegu kunagi ei õnnestu hammustada. Tähendab, suuraju poolkeradeta koeral säilivad instinktiivsed söömis- ja enesekaitseliigutused.

Lühidalt, suuraju poolkeradeta koer on täiesti abitu, tema elu tuleb pidevalt kunstlikult säilitada. Sellest hoolimata, et kõik tema lihased on teovõimelised, et ta täiel määral omab keha tasakaalu ja keerukate kooskõlastatud liigutuste võimet kuni instinktiivsete liigutusteni, sureb ta, olles iseenda hooleks jäetud, nälja ja janu kätte või jääb esimese vastujuhtuva sõiduki rataste alla. Ta kaotab kõik „need tegutsemise vormid, mida tuleb pidada ja mida meil on alust pidada just antud looma isikliku, individuaalse harjumuse viljaks. Selle kõrval jäävad hoopis puudutamata ja täiesti õnnelikult teostatavaks kõik need tegutsemise vormid, mis kannavad päritud, kaasasündinud iseloomu" [1].

Nii valmistame pinda suuraju poolkerade koore tingreflektoorse tegevuse tundmaõppimisele.

[1] L. A. Orbeli, Loengud närvisüsteemi füsioloogiast. (Minu sõrendus — M. Ts.).

Järeldused. Kuid kõige tähtsam närvisüsteemi füsioloogia õppimise vaadeldaval etapil on see, et järelduste täpne formuleerimine jutustusest loomade kohta, kelle suuraju poolkerad on eemaldatud, annab võimaluse kordamise teel üldistada, kokku võtta ja kinnistada närvisüsteemi üksikute osade ja kogu süsteemi kui terviku füsioloogiliste funktsioonide kõiki põhilisi läbivõetud momente.

Järeldused formuleeritakse õpilaste osavõtul ja fikseeritakse järgmisel kujul.

1. Kõik vegetatiivsed funktsioonid — vereringe, hingamine, seedimine, eritumine — ei kannata suuraju poolkerade puudumisel peaaegu mingit kahju sellepärast, et kogu reflekside hulk, millega need eluavaldused on seotud, teostub vegetatiivse (sümpaatilise ja parasümpaatilise) süsteemi osavõtul ning reguleerub seljaaju ja peaaju-tüve (peamiselt pikliku aju) keskuste kaudu.

2. Tänu seljaaju ja peaaju-tüve refleksidele säilib suuraju poolkerade puudumisel ka lihaste normaalne pinge [1].

3. Suuraju poolkerade puudumisel reguleerub see keerukas ja kooskõlastatud lihaste reflektoorne töö kesknärvisüsteemi teiste osade, nimelt vahetult nelikeha ja nägemiskühmude [2] ning väikeaju kaudu, tänu millele säilivad keha tasakaal ja orienteerumine ruumis seismisel, käimisel, lendamisel jne.

4. Keerukad sünnipärased ahelreflektoorsed liigutused, mis on toiduhankimis-, enesekaitse-, kallaletungijne. instinktide väljenduseks, säilivad suuraju poolkerade kaotamisel, kuid loomal ei ole võimalust neid liigutusi otstarbekalt juhtida.

---

[1] Lihaste toonus.

[2] Kesk- ja vaheaju.

5. Lühidalt, säärane loom, kellel suuraju poolkerad on hävinud, närvisüsteemi kõik ülejäänud osad aga puutumatult säilinud, suudab teha kõiki mitmekesiseid liigutusi, milliseid on võimeline sooritama ka normaalne loom, aga need liigutused toimuvad ainult vastuseks vahetutele ärritustele ega saa otstarbekalt välismaailma suunduda, et looma ümbritsevat olukorda muuta.

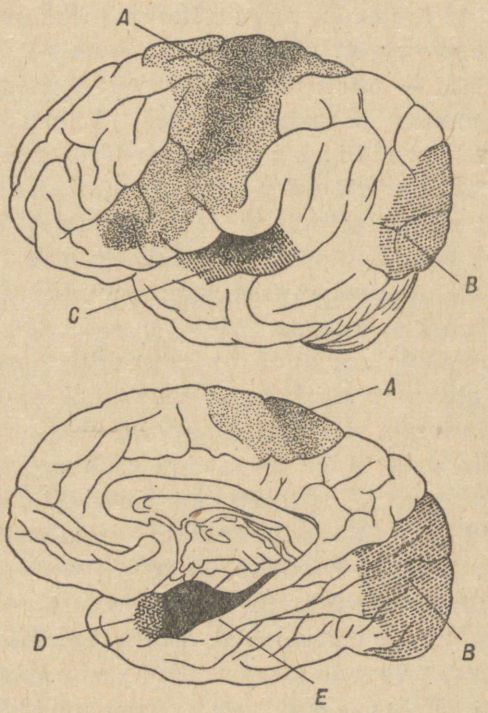
6. Nii teostub looma käitumise reguleerimine närvisüsteemi kõigi osade kui ühtsa terviku poolt, mille kõik osad on omavahelises ühenduses.

Need järeldused märgitakse õpilaste poolt vihikuisse.

Õpetaja edasise jutustuse eesmärgiks on inimese suuraju poolkerade koore omadusliku anatoomilis-füsioloogilise iselaadi selgitamine.

Suuraju poolkerade koore piirkonnad. Suuraju poolkerade koore füsioloogia uurimist on teostatud mitmel teel. Juba XIX saj. keskel kasutati loomade ja ajukoore üksikute alade väljalõikamise meetodit. Pärast niisuguseid operatsioone võib looma käitumise muutumise järgi otsustada nende alade funktsioonide üle. Samuti kasutatakse juba mitu aastakümmet teist meetodit: loomade ajukoort vigastamata ärritatakse võimaluse järgi ajukoore üksikuid alasid elektrivoolu või mõnede keemiliste ainete ja mürkidega ning jälgitakse, missuguste liigutustega loom vastab neile ärritustele. Lõpuks on inimese suuraju poolkerade üksikute kooreosade füsioloogilise tähtsuse kohta väga palju materjali andnud vaatlused inimeste juures, kellel kas haigusprotsesside või mehaaniliste vigastuste tagajärjel ühed või teised ajukoore alad olid kannatanud. Eriti palju andmeid inimese ajukoore üksikute alade ülesannete kohta koguti imperialistliku sõja ajal 1914.—1918. a. Arstide praktikas oli siis palju koljulae ja suuraju poolkerade koore vigastumise juhtumeid. Katsete ja vaatluste tulemusena tehti kindlaks, et suuraju pool-

kerade koores asetsevaist piirkondadest on ühed seotud nägemiselunditega, teised kuulmis-, maitsmis-, haistmiselunditega, naha ja tema luustikulihaste, kõõluste ja sidemetega. Inimese suuraju poolkerade koores on need piir-



Joon. 91. Suuraju poolkerade koore piirkonnad: *A* — naha-lihase piirkond; *B* — nägemispiirkond; *C* — kuulmispiirkond; *D* — maitsmispiirkond; *E* — haistmispiirkond.

konnad kaunis selgesti piiriteldud ja nende vahel asetsevad suured, nn. assotsiatiivsed (ühendavad) piirkonnad (joon. 91).

Kõiki neid piirkondi tuleb kas enne eriti selle jaoks valmistatud klassitabelil või siis vastaval klassitahvlile

tehtud joonisel näidata. Erilist tähelepanu peab juhtima eesmisele, laupmisele assotsiatiivsele piirkonnale [1].

On väga soovitav jutustada sellest, et erinevalt inimese suuraju poolkerade koorest pole isegi nii kõrgelt organiseeritud loomade, nagu näiteks koera suuraju poolkerade koores selgelt piiriteldud nägemis-, kuulmis- ja muid piirkondi — need justkui katavad üksteist, tungivad üksteise aladesse, peaaegu ruumi jätmata assotsiatiivseile piirkondadele. Nii on koeral nägemispiirkonnad koondatud peamiselt ajukoore kuklasagaraisse, kuid nende piirid on laialivalguvad ja annavad järk-järgult maad kuulmispiirkondadele, mis on koondatud peamiselt oimusagaraisse, aga ulatuvad oma piiridel ka nägemispiirkondadesse. Mida madalamalt on närvisüsteem imetajail loomadel organiseeritud, seda vähem selgelt on ajukoore piirkonnad omavahel eraldatud. Mis puutub lindudesse, siis nende suuraju poolkerades ei saa üksikuid piirkondi üldse leida: iga ajukoore ala „teenindab" küll nägemis-, küll kuulmiselundeid, küll nahka, küll lihaseid jne. Siit teeb õpetaja järeldused: 1) kõigil selgroogseil loomadel toimub vastavalt nende organisatsiooni tõusule evolutsiooniprotsessis suuraju poolkerade koore alade üha suurem anatoomilis-füsioloogiline diferentseerumine; 2) inimese suuraju poolkerad erinevad loomade omadest mitte ainult kvantitatiivselt, s. o. suure hulga hallolluse poolest (vaod ja käärud), vaid — mis

[1] Orienteerumine projektsiooniliste ja motoorsete piirkondade lokalisatsioonis, orienteerumine nimetatud piirkondade alapiirkondades, mis on seotud üksikute elundite ja elundite osadega (näiteks võrkkesta *fovea centralis*'ega), või isegi tutvumine koorealade ja vastavate elundite paigutuse pöördsümmeetriaga — see on keskkooli X klassis meie arvates väga raske ja seepärast mittevajalik.

on eriti tähtis — ka kvalitatiivselt, s. o. omapärase ehituse poolest (piirkondade piiristatus, assotsiatiivsete piirkondade areng); 3) seepärast, kui loom talub ajukoore vigastamist või isegi selle suuremate või vähemate alade eemaldamist, siis inimesel toob ajukoore tunduvate alade vigastamine enesega kaasa surma; 4) järeldusi loomade suuraju poolkerade koore tegevuse füsioloogilistest vaatlustest ei tohi tervenisti üle kanda inimesele. Viimasel järeldusel on eriti suur tähtsus toetuspunktina inimese kõrgema närvisüsteemi talitluse edasisel käsitlemisel.

Õpetus tingitud refleksidest. Nüüd tuleb siirduda õpilaste tutvustamisele kadunud akadeemiku I. P. Pavlov'i õpetusega tingitud refleksidest, tema hoopis omapärase lähtumismeetodiga suuraju poolkerade koore füsioloogia uurimises.

Juhtinud tähelepanu sellele, et suuraju poolkerade koore füsioloogia uurimise meetodid, millest eespool jutustati, on seotud jämeda kirurgilise segamisega selle üpris peenelt organiseeritud närvisüsteemi-osa funktsioonidesse, mille tõttu järeldused on väga umbkaudsed, jutustab õpetaja, et I. P. Pavlov lahendas ajukoore terviklikkust rikkumata geniaalse lihtsusega tema uurimismeetodi küsimuse; et Pavlov näitas need „aknad", mille kaudu võib jälgida ajukoores toimuvaid füsioloogilisi nähtusi. Esimeseks niisuguseks „aknaks" olid koera süljenäärmed.

Riputanud üles tingimatu süljerefleksi kaare tabelskeemi (millega tutvuti juba teema „Toitumine" läbivõtmisel), taastab õpetaja rea küsimuste abil õpilaste mälus nende teadmised süljenäärmete asetusest, fistulaarsest

ehk uurisemeetodist ja tingimatu süljerefleksi kaare ehitusest [1].

Samuti tuletavad õpilased meelde seda, et sülje nõristumist võib põhjustada mitte ainult suuõõne tsentripetaalsete (sensoorsete) närvilõpmete otsene ärritamine, vaid ka toidu näitamine, s. o. erutused, mis on saanud alguse nägemiselundis, sõnad, mis tähendavad maitsvat toitu, s. o. erutused, mis lähtuvad kuulmiselundist, toidu puudutamine (mis on näiteks eriti selge pimedail), s. o. naha närvilõpmete erutused jne. Niisuguseid fakte võivad õpilased tuua palju, neid tuleb tunnis ainult teatavaisse raamidesse juhtida, süstematiseerida.

Neile faktidele toetudes jutustab õpetaja, et I. P. Pavlov, kes püstitas endale küsimuse selliseid nähtusi tingiva närviregulatsiooni loomusest, töötas välja ja rajas rohkem kui kolmekümne-aastase töö tulemusena oma geniaalse õpetuse tingitud refleksidest.

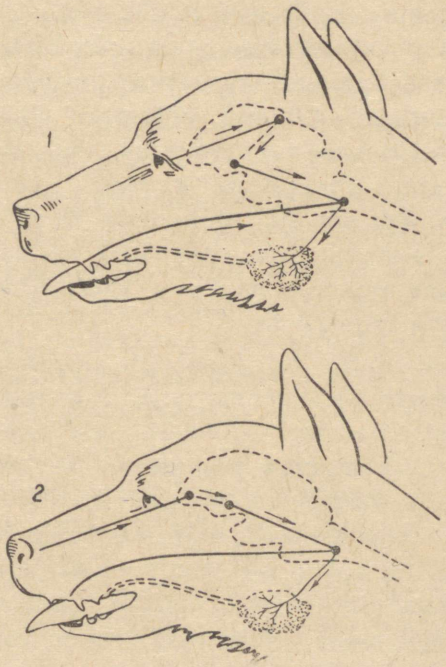
A. N. Kabanov'i stabiilne õpik annab tingitud reflekside ja nende tähtsuse kohta keskkooli taseme jaoks küllaldase materjali. Niisugused küsimused, nagu tingitud reflekside kujunemine, nende erutus ja pärssimine, nende tähtsus, pärssimisnähtuste tähtsus, ärrituste analüüs ja selle tähtsus, mitmesugust liiki tingitud refleksid ja ahelreflekside mõiste, on käsiteldud küllaldase selgusega ja õpetaja ülesandeks jääb oma seletuse ajal konkreetseid näiteid tuua. Kuid õpikus pole arvestatud järgmisi momente.

1. Kõneldes uutest närviseostest, mis tekivad suuraju poolkerades, tuleb neist anda konkreetne pilt tingitud refleksi kaare skeemi demonstreerimise teel nägemiselundeist (joon. 92). Selle skeemi võib anda klassitabeli või

[1] Siin võib meenutada seda, et nende refleksikaarte efektoorne osa kuulub parasümpaatilise närvisüsteemi koosseisu.

joonise kujul klassitahvlil. Skeem vastavate pealkirjadega tuleb õpilastel oma vihikuisse joonistada.

2. Teadmiste alusel suuraju poolkerade koore tingreflektoorsest tegevusest saavad arusaadavaks käitumise



Joon. 92. Tingitud refleksi kaare skeem: 1 — nägemiselundist; 2 — haistmiselundist.

omapärased jooned imetajail ja lindudel, kes on kaotanud suuraju poolkerad.

Töövahendid. Tabelid: „Tingimatu süljerefleksi kaare skeem", „Tingitud refleksi kaare skeem nägemis- ja haistmiselundist".

Seletus uute närviseoste tekkimise kohta ajukoores. On tarvis täiendada veel üht õpiku lünka: anda kujutlus tingreflektoorsete seoste tekkimise mehhanismist ajukoo-

res. Selle küsimuse seletuse I. P. Pavlov'i käsitluses võib õpilastele lühidalt edasi anda järgmisel viisil.

Katsealusele koerale valgussignaali andmisel, näiteks elektrilambi süütamisel, toimub silma tsentripetaalsete kiudude lõpmete erutus — valgus-erutus. See erutus antakse edasi peaaju-tüvesse ja ta põhjustab, nagu tavaliselt, rea kaasasündinud tingimatuid reflekse: silmaava suuruse muutumist, silmade pööramist liha poole jne. Aga ühtlasi levib see valgus-erutus, kui ta on küllalt tugev, ka suuraju poolkerade koorele, nende nägemispiirkondadele. Kui sel ajal ajukoorele ei satu teist tugevat erutust, siis lambivalguse tekitatud erutus aegamööda kaob, haihtudes ajukoore naaberrakkude massis ilma igasuguse nähtava tagajärjeta.

Seda aga ei juhtu, kui ühteaegu nägemiselundi igakordse valgusärritusega looma toita. Tugevad erutused — maitsmis-, haistmis- jne. erutused, mis söömisprotsessi puhul tekivad, kanduvad paljudesse kesknärvisüsteemi aladesse, nende hulgas ka vastavaisse ajukoore-piirkondadesse („toitumisaladesse", nagu neid nimetab I. P. Pavlov). Järelikult on niisuguseil tingimustel ühteaegu erutatud nii nägemis- kui ka toitumisalad. Seal siis toimubki justkui nägemisalade lülitumine toitumisalade külge, nende vahel tekib seos, mis muutub seda tugevamaks, mida sagedamini korduvad niisugune samaaegne näitamine ja toitmine. Ja edaspidi juba ainuüksi ärrituse puhul elektrilambi valgusega, tänu sünapsile nägemis- ja toitumispiirkondade närvirakkude vahel, sööstab erutus kohe viimastele piirkondadele ja siit pikliku aju süljenõristuskeskusse, mispeale algabki sülje nõristumine.

Termini „tingitud refleks" seletamine. Viimaks veel mõni sõna ühest täiendusest stabiilse õpiku tekstile. Kui terminid „omandatud" ja „kaasasündinud refleks" ei vaja

erilist seletust, siis terminid „tingitud" ja „tingimatu" pole mitte nii iseendast arusaadavad.

Õpilastele tuleb seletada terminit „tingitud refleks" järgmisel viisil. Et uue, omandatud refleksi arendamiseks on vaja rida tingimusi, mille hulgas peamiseks t i n g i m u s e k s on see, et uus ärritaja (lambivalgus) langeks aja suhtes ühte kaasasündinud ärritaja (söötmine) tegevusega, siis nimetaski Pavlov omandatud reflekse tingitud refleksideks; vastupidiselt neile nimetas ta sünnipäraseid reflekse tingimatuiks refleksideks.

Tingitud refleksid inimesel. Tingreflektoorse talitluse ja selle tähtsuse küsimust inimese käitumises on stabiilses õpikus käsiteldud küllalt selgelt ja süstemaatiliselt ning see vajab õpetaja poolt vaevalt veel mingeid erilisi täiendusi. Palju suuremad raskused tekivad klassis seoses inimese närvisüsteemi talitluse kõrgemate vormide — teadvuse, mälu, mõtlemise, mõistuse — küsimuste käsitlemisega.

Suuraju poolkerade koore talitluse uurimine füsioloogia ja psühholoogia abil. Inimese anatoomia ja füsioloogia õpetaja teeks suure metodoloogilise vea, kui ta püüaks süveneda neisse küsimustesse, mis kuuluvad psühholoogia uurimispiirkonda. Kuid õpilase teadmishimu tuleb siiski teataval määral rahuldada, seepärast ei tohi neist küsimustest lihtsalt mööda hiilida. Kui õpilastele öelda ainult seda, et närvisüsteemi kõrgema talitluse küsimusi uurib eri teadus — psühholoogia, mis ei kuulu füsioloogilise uurimise piiridesse, kui aga seejuures mitte seletada seda, et psühholoogia uurib seda kõrgemat talitlust materialistlike seaduspärasuste põhjal, siis riskime avada teed idealistlikele kujutlustele „hingest". Õpilastele on vaja anda elementaarsel kujul käsitus sellest, et „aisting, mõte, teadvus on erilisel viisil organiseeritud

mateeria kõrgeimad produktid" [1], et „mõtlemine ja teadvus on inimese aju produktid" [2], et „meie teadvus ja mõtlemine, kuivõrd nad ka ei tundu ülemeelelistena, on ainelise, kehalise elundi, aju produktid (Erzeugniss)" [3].

Muidugi pole meil sellel õpetamisastmel võimalust tungida marksistlik-leninistliku loodusteaduse nende põhiseisukohtade filosoofilisse, teoreetilis-tunnetuslikku seletusse. Aga mõned kujukad näited võivad siiski nende faktilist külge illustreerida.

Võib tähelepanu juhtida sellele, et suuraju poolkerade koore ühtede või teiste alade vigastamisel langevad inimesel mõned teadvuse ja mõtlemise osad välja; ta võib näiteks kaotada arvutamise, kõne mõistmise jne. võime. Inimesed, kellel suuraju poolkerade koor on sünnipäraselt arenemata, on idioodid, s. o. neil on teadvus tuhmunud, nad ei ole võimelised mõistlikult toimima ega arutlema, ladusalt kõnelema, arvutama jne.

Kui vasaku poolkera alumise laubakääru teatav kooreala on vigastatud või hävinud, siis kaotab inimene kõnevõime (joon. 91) [4]. Oimusagara teatava kooreala vigastamisel või hävimisel kuuleb inimene kõnet, aga ei mõista seda [5]. Nägemispiirkonna ligidal on ala, mille vigastamise puhul inimene näeb raamatu teksti, aga ei mõista seda [6].

Nende näidete varal illustreeritakse kõrgemate psüü-

[1] V. I. Lenin, Materialism ja empiriokritiitsism. Partei väljaanne, 1933, lk. 45.

[2] F. Engels, Anti-Dühring. Tsiteeritud V. I. Lenini järgi: Materialism ja empiriokritiitsism, sama väljaanne, lk. 71.

[3] F. Engels, Ludwig Feuerbach. Tsiteeritud V. I. Lenini järgi, lk. 71.

[4] Kõne motoorne keskus, Broca keskus.

[5] Kõne kuulmise keskus, Wernicke keskus.

[6] Kõne nägemise keskus, Déjérine'i keskus.

hiliste funktsioonide, s. o. teadvuse ja mõtlemise seost ja sõltuvust suuraju poolkerade koore teatavaist aladest ja näidatakse ära nende funktsioonide materiaalne alus.

Järeldus. Inimese kõrgemad psüühilised funktsioonid on ainelise, kehalise elundi, aju, tema suurte poolkerade koore avaldused.

Siin on väga tähtis õpilastele valgustada küsimust inimese närvisüsteemi kõrgema talitluse kvalitatiivsest omapärast, võrreldes kõrgemate loomade omaga. Meenutanud õpilastele inimese ja loomade suuraju poolkerade koore struktuuri kvalitatiivset omapära, juhib õpetaja oma edasist seletust järgmise plaani kohaselt.

1. Imetajate loomade käitumise kõrgemad vormid piirduvad kuni ahvideni peaaegu täielikult tingreflektoorse talitlusega. Suuraju poolkerade koore areng ja muutlike seoste tekkimise võimalus temas on selle talitluse materiaalseks aluseks. Tingitud refleksid oma muutlikkuse ja sellele rajatud analüüsiga loovad tingimused imetajate väga peeneks reageerimiseks väliskeskkonna mitmesuguselt muutuvaile tingimustele ja on loomade jaoks kõrgemaks keskkonnaga kohanemise vormiks. See kohanemine kujuneb kestva loodusliku selektsiooni tagajärjel olelusvõitluses.

2. Tingreflektoorne tegevus on omane ka inimesele ja etendab suurt osa tema üldises käitumises. Tuues näiteid, mis annavad tunnistust tingreflektoorse talitluse olemasolust inimesel, siirdub õpetaja selle talitluse erinevuse küsimuse käsitlemisele inimese ja kõrgemate loomade juures. Stabiilses õpikus on esitatud rida näiteid selle illustreerimiseks, milles erineb tingitud reflekside kujunemine loomadel harjumuste kujunemisest inimesel.

3. Peamine ja põhiline erinevus seisab selles, et ini-

mesel on tema tingreflektoorne tegevus suuraju koore talitluse kõrgemate vormide — tema mõttetegevuse kontrolli all. Seda võib näidete varal illustreerida. Masinakirjutaja, kelle käsutada on uut süsteemi kirjutusmasin, mille sõrmiste tähestikul on veidi teistsugune asetus kui tavalisel masinal, valib ümberkirjutamisel, vastavalt ümberkirjutatava materjali mõttelisele tähendusele, juba esimesel korral teadlikult sõrmiseid. Samasugune on lugu õpikus näitena toodud trükiladujaga jne. Iga meie harjumus võib muutuda tänu muutuvate olude teadlikule hindamisele, s. o. tänu väga kiiresti reageerivale, ainult inimesele omase suuraju koore spetsiaalsete piirkondade aparatuurile, mis kontrollib ja reguleerib nii tingimatuid reflekse kui ka instinktiivset ja, mis antud punktis eriti tähtis, tingreflektoorset talitlust.

Teistsugune on lugu loomaga, isegi säärase kõrgelt organiseerituga, nagu näiteks koer. Temal peaaegu polegi suuraju koore mõtlemisaparatuuri, ja muutused tema väljakujunenud käitumises, tema ümberdresseerimine, võivad toimuda ainult juba olemasolevate tingitud reflekside ja nähtuste mitmekordse pärssimise tulemusena pärast keskkonna, situatsiooni uutele tingimustele vastavate uute tingitud reflekside mitmekordset kinnistumist. Koeral ei ole kiiresti reageerivat kontrolli tingreflektoorse talitluse suhtes, tingitud reflekside viivitamatut regulatsiooni teadvuse poolt: tema suuraju poolkerade koore ehitus ja selle funktsioonid on kvalitatiivselt erinevad inimese poolkerade koorest ja selle funktsioonidest.

4. Siin on väga soovitav anda järgneva skeemi alusel lühike võrdlevanatoomiline ja võrdlevfüsioloogiline ülevaade kontrolliv-reguleeriva funktsiooni astme tõusust selgroogsete loomade suuraju poolkerade koore evolutsioonis.

Kaladel ja amfiibidel koosneb kesknärvisüsteem seljaajust, peaaju-tüvest ja väikeajust (taga-, kesk- ja vaheaju); mis puutub otsaju poolkeradesse, siis neil koor peaaegu puudub. Seoses sellega muutuvad närvisüsteemi funktsioonid peaaegu tervikuliselt lihtsaks ja keerukaks tingimatuks reflektoorseks talitluseks, mille kõrgemaks vormiks on instinktid. Närvisüsteemi talitluse kõrgemat kontrolli ja regulatsiooni teostab peaaju-tüvi.

Reptiilidel võib seoses suuraju poolkerade koorealade tekkimisega konstateerida närvisüsteemi talitluse kontrolli ja regulatsiooni nihkumist suuraju poolkerade poole. Seoses sellega tekivad reptiilidel kõrvuti lihtsate ja keerukate tingimatute reflekside ning instinktidega suhteliselt küllalt keerukad tingreflektoorse iseloomuga käitumise vormid [1].

Imetajail näeme suuraju poolkerade võimsat arengut juba eraldunud, kuid veel üksteist katvate funktsionaalsete piirkondadega. Seoses sellega läheb närvisüsteemi talitluse kõrgem kontroll ja regulatsioon üle keerukate tingreflektoorsete funktsioonidega suuraju poolkerade koorele. Imetajate loomade käitumine muutub seepärast väga keerukaks, painduvaks ja muutlikuks ning on peenelt kohandatud alatasa muutuvate keskkonna tingimustega.

Inimesel erineb poolkerade koor kvantitatiivselt ja kvalitatiivselt teiste imetajate poolkerade koorest. Temas on tekkinud ja eraldunud alad, mille funktsioonideks on mõtlemisprotsessid ja kõnelemine. Kogu närvisüsteemi talitluse kontroll ja regulatsioon on siirdu-

[1] Linde ei tohi selle ülevaate alla viia kahel põhjusel: 1) nende närvisüsteemi ehituse ja funktsioonide printsipiaalse sarnasuse tõttu reptiilide omaga; 2) linnud ei kuulu evolutsiooni liini, millest arenevad imetajad.

nud neisse aladesse. Närvisüsteemi talitluse kõik vormid — lihtsad ja keerukad tingimatud refleksid, instinktid ja tingitud refleksid — on inimesel nende ainult temale omaste alade talitluse, mõtlemise kontrolli all.

5. Siinsamas võib jutustada Köhler'i tuntud katsetest inimkujuliste ahvidega. Need katsed näitasid, et seoses nende loomade suuraju poolkerade koore suhteliselt kõrge arenguga ei piirdu nende harjumused ja tegevus tingreflektoorsete liigutustega, vaid neil võib juba konstateerida käitumise elementaarset arukust, mis avaldub muutunud situatsiooni tingimuste arvestamises. Ahv võib mitmest bambusroost iseseisvalt koostada pika ridva, kui on vaja kõrgeleriputatud banaani kätte saada.

Teiselt poolt näitasid need katsed, et inimkujulise ahvi käitumise niisugune teadlikkus ja plaanipärasus on piiratud otsese olukorraga; kui banaan ja roog ei ole ühteaegu ahvi vaatepiiril, siis ta ei saa enam oma ritva kasutada, ta ei vii seda üle teisele kohale, kuhu banaan ümber riputati. Inimkujulise ahvi teadvus on vahetult seotud antud olukorraga, ta ei näe sellest kaugemale.

Ahv on võimeline lahendama tema ees seisvat ülesannet, kui kõik vajalik selle lahenduse jaoks (banaan ja roog) on vaatepiiril.

See, mis on väljaspool antud situatsiooni, ei saa ahvi juures antud situatsiooni muutmise ja mõjutamise materjalina arvesse tulla.

Hoopis teine on lugu inimesega. Inimene on võimeline endale seadma ülesandeid ja neid plaanikohaselt lahendama, sõltumata sellest, kas tal on kõik vajalik nende lahendamiseks vahetult käepärast. Ta võib neid ülesandeid lahendada, ja plaanipäraselt „peas" lahendada. Looma, ka inimkujulise ahvi käitumise määrab vahetult

ümbrus, inimene aga võib plaanipäraselt opereerida kogu maailma esemete ja seoste kujutlustega oma ajus. Looma jaoks eksisteerib ainult ümbrus, inimese jaoks — kogu maailm.

Niisiis tuuakse Köhler'i katsed näitena sellest, kuidas inimkujuliste ahvide suuraju poolkerade suhteliselt kõrgele arengule vaatamata ei saa nende käitumist siiski viia tingreflektoorse talitluse alla. Aga palju tähtsam on teine siit tulenev järeldus: *inimese teadvus on kvalitatiivselt erinev ükskõik missuguse looma teadvusest*; tema närvisüsteem, suuraju poolkerade koor on saavutanud hoopis kõrgema arenemisastme kui isegi kõige kõrgemalt organiseeritud inimkujulise ahvi oma.

Kui tingreflektoorne talitlus kuulub närvisüsteemi füsioloogilise uurimise piirkonda, siis suuraju poolkerade koore selle kvalitatiivselt omapärase talitluse uurimine, mille tulemuseks on inimese teadvus, mälu, mõtlemine, on teise teaduse, psühholoogia ala.

Kokkuvõttes tuleb selgitada, kui mõttetu ja kahjulik on usundlik-idealistlik kujutlus „hingest". Kõik usundid ja kiriklastega sammu pidavad idealistid püüavad petetavaile massidele sisendada kujutlust, et teadvus, mõtted, tunded on mingi ebamateriaalse olemuse, „jumaluse poolt inimese kehasse puhutud hinge" avaldused. „Hing" võiks nagu kehasse tulla ja sellest väljuda. Unes see „hing" võib ajutiselt keha maha jätta ja pärast surma temast hoopis lahkuda, et minna „õndsusele taeva kõrgustesse" või „piinadele põrgu sügavustesse".

Klassiühiskonnas oli ja on ka praegu valitsevail klassidel alati kasulik sisendada ekspluateeritavaile massidele seda laadi kujutlusi. „Maa peal kurnavad sinu keha töö, haigused ja nälg," väidavad usulised doktriinid, „see-

eest aga läheb sinu hing pärast surma taevariiki, kui sa olid kiriku alandlik poeg ja oma isanda (s. o. mõisniku või kapitalisti) kuulekas ori. Kui sa ei ole alandlik (s. t. kui sa ei taha isandaile oma higi ja verd anda ja võitled ühiskonna ümberkorraldamise eest), läheb sinu hing igaveseks piinamiseks igavesse põrgu." Niisuguste muinasjuttudega püüavad papid ja idealistid töötajate teadvust uimastada ja nende tahet nüristada.

Meie mõistame kogu selle vale ebaausust, mõistame, kellele see on kasulik. Meile on selge, missuguse eesmärgiga idealistid teadust võltsivad, moonutades seda oma tahtmist mööda. Meie, kes me teadust ei võltsi, vaid arendame seda õigel, dialektilis-materialistlikul alusel, teame täpselt, et meie teadvus ja mõtlemine, tunded ja tahe, kuidas nad ka ei tunduks ülemeelelistena, on ainelise, kehalise elundi — peaaju produktid. Lahutada teadvust peaajust on niisama mõttetu ja väär nagu eraldada mateeriast massi või soojust kui mingeid eri ilmungeid.

Meie, kes oleme ehitanud klassideta, sotsialistliku ühiskonna ja toetume tõelisele materialistlikule teadusele, peame võitlema täiesti väära ja ühiskondlikult kahjuliku ning reaktsioonilise usundlik-idealistliku kujutluse vastu „hingest".

7. Meele-elundite anatoomia ja füsioloogia.

Meele-elundite, eriti nägemis- ja kuulmiselundite füsioloogiaga tutvumisel tuleb kasutada füüsika andmeid. Geomeetrilise optika alused ja eriti kujutise saamine läätse kaudu on VII klassis läbi võetud ja neid teadmisi võib järelikult kasutada silma füsioloogia tundmaõppimisel. Võimalik, et õpilased on mõndagi unustanud, kuid sääraste põhimõistete taastamine, nagu kiire sirgjooneline levimine, murdumine läätsedes jne., ei tekita erilist ras-

kust. Hoopis halvem on lugu õpetusega häälest. See on VIII klassi füüsika kursuse viimane teema ja võetakse tavaliselt läbi pärast anatoomia ja füsioloogia kursuse osa „Meele-elundid". On väga soovitav õppeala juhatajaga ja füüsikaõpetajaga õigel ajal läbi rääkida, et hääleõpetuse käsitlemise aega pisut muudetaks. Kui see võimalik ei ole, siis on otstarbekohane jätta kuulmiselundi läbivõtmine füsioloogia kursuse viimasesse lõppu. Niisugune muudatus ei too mingit kahju.

Üsna tõhusat abi pakuvad IX klassi zooloogia kursusest ammutatud teadmised imetajate meele-elundite ehitusest; neid teadmisi tuleb värskendada ja ära kasutada.

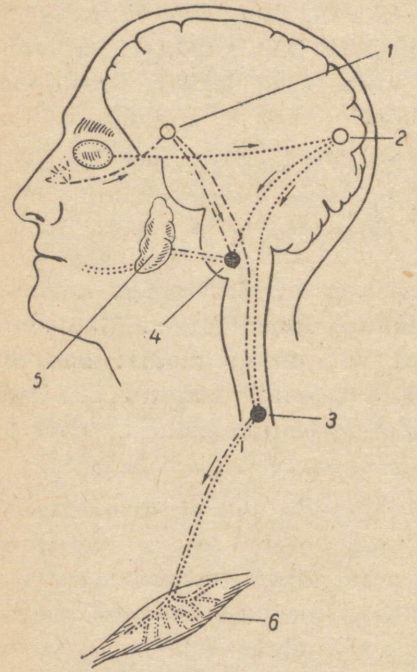
Analüsaatorite mõiste. Käsitus analüsaatoreist antakse lühikese, viieteistkümne-minutise loengu teel. Demonstreerimisabinõudeks peavad sel puhul olema: suuraju poolkerade koore piirkondade tabelid, tingitud süljereflekside tabel-skeem, nägemis- ja kuulmiselundi tabel ja mudel. Loengu aluseks on kaks momenti.

Esiteks tuleb õpilasi informeerida sellest, et analüsaatori koosseisu kuuluvad: meele-elund temas leiduvate tsentripetaalse (sensoorse) närvi lõppharudega, närv ise ja lõpuks vastav suuraju koore piirkond (nägemisanalüsaatori jaoks nägemispiirkond, kuulmisanalüsaatori jaoks kuulmispiirkond jne.). Selle illustreerimiseks on soovitav tahvlile joonistada järgmine skeem (joon. 93).

Skeemil on tähtis peale analüsaatorite näidata ka tsentrifugaalseid teid suuraju koore piirkondadest süljenõristuskeskuseni ja seljaaju ühe motoorse ala juurde ning neist efektorite — süljenäärme ja lihase juurde. Skeemi täienduseks ja selgituseks peab tähelepanu juhtima sellele, et tsentrifugaalsed teed lähevad analüsaatorite koore piirkondadest muidugi mitte ainult sülje-, vaid

ka teiste näärmete juurde, mitte ainult ühe, vaid kõigi luustikulihaste juurde.

Teiseks tuleb vaadelda väliskeskkonnast tulevate ärrituste analüüsi, mis teostub närvisüsteemi keskustes. Iga ese ja nähtus saadab meie meele-elundeisse ärritusi (valgus-, hääle-, kompimis-, soojus- jne. ärritusi). Hea näitena sellest on stabiilses õpikus toodud põlev kolle, mis saadab välja valgus-, soojus- ja hääleärritusi. Neid ärritusi võtavad vastu silmade, kõrvade ja naha närvilõpmed, mille tagajärjeks on vastavate närvide erutus. Siit satuvad need erutused lõpuks vastavaisse suuraju koore piirkondadesse, kus tingitud reflekside erutuse ja pärssimise teel toimub nende ärrituste eristamine, analüüs (vt. eespool, suuraju koore ärrituste analüüs). Selle analüüsi tulemusena tekivad need või teised lihaselise (liigutused) või näärmelise (nõristus, näiteks sülje) iseloomuga tingreflektoorsed vastusreaktsioonid, mis määravad loomade käitumise. Nende vastus-toimete närviteede skeemi näevad õpilased jooni-



Joon. 93. Analüsaatori skeem: 1 — haistmispiirkond; 2 — nägemispiirkond; 3 — seljaajukeskus; 4 — süljenõristuskeskus; 5 — süljenääre; 6 — lihas.

sel, mille õpetaja on tahvlile joonistanud. Aga siin on väga tähtis uuesti rõhutada inimese suuraju koore närviprotsesside kvalitatiivset omapära. Peale selle võtavad inimesel ärrituste analüüsist osa ja on määrava tähtsusega suuraju poolkerade koore kõrgemad assotsiatiivsed piirkonnad, ja seepärast on inimese reageerimine, tema käitumine teadlik, arukas.

I. P. Pavlov andis meele-elundeile ja ajukoore neile piirkondadele, kus lõpevad neist elundeist tulevad närvid, analüsaatorite nimetuse, et sellega ära märkida nende omavahel anatoomiliselt seotud osade füsioloogilist terviklikkust. Meele-elundid on analüsaatorite välisotsteks ja suuraju poolkerade koore vastavad piirkonnad nende siseotsteks. Meele-elund ja ajukoore piirkond on vastava närvi kaudu teineteisega ühenduses.

Kuid säilitades füsioloogilise termini „analüsaator" ka inimese jaoks ja andes sellele terminile sama anatoomilise tähenduse (meele-elund, suuraju koore vastav piirkond ja neid ühendav närv), ei tule mitte unustada suuraju poolkerade koore ja selles toimuvate närviprotsesside seda kvalitatiivset omapära, tänu millele nähtuste analüüs ja inimese vastus-reaktsioonid, s. o. tema käitumine, muutuvad teadlikuks, arukaks.

Meele-elundite tundmaõppimine algab silma anatoomia ja füsioloogia käsitlemisega.

Silma ehitus. Õpilaste tutvustamine elunditega, mis ümbritsevad silmamuna, ja nende füsioloogiliste funktsioonidega toimub lühikese jutustuse näol, millega kaasneb kolju, silma mudeli ja klassitabelite demonstreerimine. Õpetaja peatub lühidalt silmakoopa ehitusel, silma sirg- ja põikilihasel ning nende toimel, pisaranäärmel ja selle tähtsusel, nina-pisara juhal. Mõni sõna tuleb öelda

ka silmalaugudest ja sidekestast, samuti ripsmete ja kulmude tähtsusest.

IX klassis pole muidugi vajadust kõiki neid teadmisi anda praktilise töö näol — sellel on oma koht mittetäielikus keskkoolis (VII klassis). Aga see-eest on väga soovitav korraldada mõne suure looma — veise või hobuse silma lahtilõikamine.

Enne silma lahtilõikamisele asumist jutustab õpetaja silma ehitusest, kasutades seejuures demonstreerimiseks lahatud silma piirituspreparaate ja lahtivõetavat silma mudelit. Ajapuudusel võib piirduda ainuüksi jutustusega ja silma lahtilõikamine jätta ringi tööks.

Praktiline töö: silma lahtilõikamine. Töö jaoks peab igal kolmest-neljast õpilasest koosneval rühmal olema: värske veise või hobuse silm, skalpell, käärid, pintsett, nõel, alustass. Peale selle olgu õpetajalaual välja pandud silma mudel ja üles riputatud silma ehituse tabel-skeem. Töö tehakse frontaalselt.

1. Õpilastel lastakse silmamuna väljastpoolt vaadelda ja leida: silmamuna pööravate lihaste kinnistuskoht, nägemisnärv, valgekest ja selle eesmine osa — läbipaistev sarvkest. Õpilased näevad sarvkesta taga vikerkesta (vikerkeha) ja selle avaust — silmaava. Õpetaja tuletab meelde, et väikeses öönes sarv- ja vikerkesta vahel on vedelik — vesivedelik, ja et vikerkesta koostisse kuuluvad siledad ring- ning kodarlihased, millede kokkutõmbumise tagajärjel muutub silmaava suurus [1].

2. Lahtilõikamist peab teostama alustassil. Asudes seda tegema peavad õpilased kõigepealt kindlaks määrama silmamuna „ekvaatori", pidades üheks tema

[1] Siin võib meenutada nende lihaste kokkutõmmete sümpaatilist ja parasümpaatilist reguleerimist.

„nabaks" silmaava. Pistnud kääride terava otsa silmakestade vahele, lõigatakse need piki „ekvaatorit" läbi. Niiviisi on silmamuna kaheks pooleks eraldatud — eesmiseks (silmaavaga) ja tagumiseks (nägemisnärviga). Et silmamuna mõlemaid pooli teineteisest eraldada, tuleb skalpelli abil läbi lõigata silmamunaõõnt täitev poolvedel klaaskeha.

3. Nüüd asutakse eesmise poole sisemise ehituse vaatlemisele. Kui läbipaistev kristalne klaaskeha on ettevaatlikult eemaldatud, siis on kerge leida vikerkesta taga asetsevat ja ripslihasest ümbritsetud silmaläätse.

Õpilasi peab hoiatama, et lääts tuleb ühes läbipaistva kotiga, millesse ta on suletud, ümbritsevaist silma osadest lahutada väga ettevaatlikult; teda ei tohi teravate riistadega puudutada, seepärast on kõige parem töötada skalpelli käepidemega. Õpilaste tähelepanu tuleb juhtida sellele, et silmaläätsel on kaksik-kumera läätse kuju.

Näidanud õpilastele, kuidas silmaläätse nõela otsa panna[1], laseb õpetaja läbi selle „luubi" vaadelda raamatu trükki ja siis valgele paberilehele akna (päeval) või lambi (õhtul) kujutise heita (joon. 94). Seda on kerge saavutada paberit läätsest eemaldades või temale lähendades.

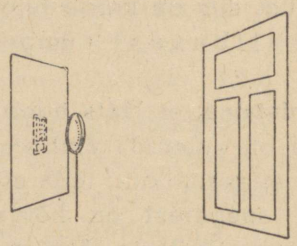
Tutvumine silmamuna eesmise poolega lõpeb vikerja sarvkesta vaatlemisega tagant. Õpilased veenduvad lõplikult selles, et silmaava on mulk ja et sarvkest on väga läbipaistev.

4. Silma tagumist poolt tuleb esiteks vaadelda klaaskeha kõrvaldamata. Õpilased näevad, et silmamunaõõne tagumine pind on musta värvi, ja leiavad kergesti koha, kust silma siseneb nägemisnärv.

[1] Nõel pista läätse külje sisse, et saada „käepidemega luup".

Nüüd lastakse ettevaatlikult eemaldada klaaskeha ja eraldada silmapõhjast (skalpelli käepidemega) õhuke kile — võrkkest. See lõigatakse nägemisnärvi sisenemise kohalt läbi. Võrkkest tõmbub rulli, aga tükike sellest tuleb alustassil sirgeks tõmmata.

Nüüd on soonkest selgesti näha, aga selle sooned on pigmendipiige alla peidetud. Viimane lahtivõtmise samm seisab selles, et skalpelli käepidemega kaabitakse soonkest maha ja avastatakse kiudkest.



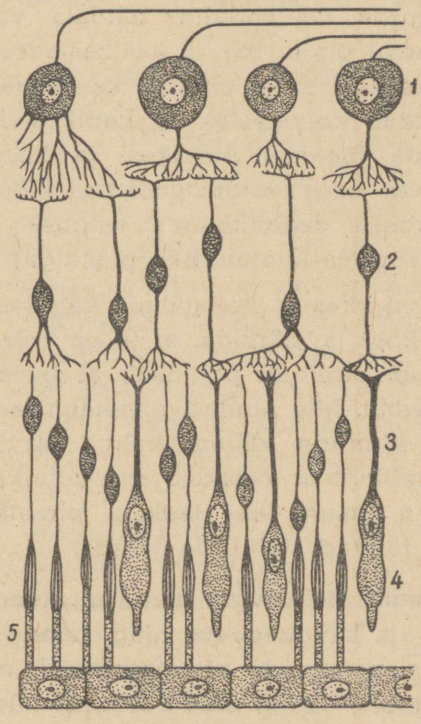
Joon. 94. Akna kujutis, mis on läbi silmaläätse paberilehele heidetud.

Silma läbilõigu skeem. Pärast niisugust silma lahtivõtmist on väga kerge orienteeruda silma ehituse läbilõigu skeemis. Selle skeemi võib tabeli kujul klassi üles riputada, aga on soovitavam, et õpilased selle oma vihikuisse joonistaksid, jälgides õpetaja joonistamistoimingut tahvlil. On hea, kui joonistus tehakse tahvlile värviliste kriitidega: närv ja võrkkest — kollasega, soon- ja vikerkest — punasega, valgekest, sarvkest ja lääts — sinisega, silma keskkonnad ja pealkirjad — valgega.

Töövahendid. 10—12 silma (veise või hobuse omad). Silma märgpreparaat. Väikesed anatoomilised käärid, skalpell, pintsett, prepareerimisnõelad, alustassid (komplekt igale lauale). Tabel „Silma ehituse skeem". Silma mudel (lahtivõetav).

Kiirte kulgemine ja kujutise tekkimine silmas. Nagu teada, kujutab silm endast väga keerukat optilist süs-

teemi, millel on rida murdvaid pindu ja rida keskkondi mitmesuguste murdumisnäitajatega. Seepärast on silma optika väga keerukas. Keskkoolis pole muidugi mitte tarvidust silma optikas orienteeruda. On täiesti küllaldane



Joon. 95. Võrkkesta ehitus (skeem): 1, 2 ja 3 — võrkkesta neuronid; 4 — kolvike; 5 — kepike.

anda käsitus kiirte kulgemisest ja kujutise tekkimisest nn. „redutseeritud silmas", mainimata seda terminit. Tuleb öelda vaid seda, et kogu silma optilise keskuse võib paigutada silmaläätsesse, silma peamisele optilisele teljele, ja peafookus *F* langeb peaaegu võrkkestale. Seepärast

tekivadki kaugelolevate esemete kujutised tavaliselt võrkkestal.

Koila- ja pimetähn. Pärast orienteerumist silma elementaarses optikas võib siirduda võrkkesta ehituse ja tema füsioloogia juurde. On soovitav näidata võrkkesta ehituse tabel-skeemi (joon. 95) ja üksikasjadesse laskumata ning rõhutades vaid selle ehituse keerukust märkida, et võrkkestas leidub kolvikeste- ja kepikestekujulisi moodustisi (näidata joonisel kolvikesi ja kepikesi). Need, eriti kolvikesed, ongi valgustundlikud elemendid, mida erutavad võrkkesta vedelikkudes valguse toimel tekkivad ollused (võrdlus fototundliku plaadiga).

Siirdudes võrkkesta kollatähni käsitlemisele, tuleb näidata tema koht ja märkida, et ta on võrkkesta kõige valgustundlikum piirkond põhjusel, et temas kolvikesed asetsevad tihedalt. Mis puutub pimetähnisse, siis see on nägemisnärvi kiudude väljumiskoht; närvilõpmeid siin pole, pole järelikult ei kepikesi ega kolvikesi. On kasulik, et õpilased tunnis läbi teeksid pimetähni leidmise katse, mis on toodud stabiilses õpikus.

Nägemiselundi füsioloogia muud momendid. Akommodatsioon, lühi- ja kaugnägevus ning nende korrektsioon prillide abil, silmamunade pööramine nii, et asi on selgesti nähtav, jne. — kõiki neid küsimusi tuleb valgustada stabiilse õpiku piirides loeng-vestluse teel [1].

Kokkuvõttes peab formuleerima järgmise järelduse:

Välismaailma esemeist tungivad meie silma valgus-

[1] Lühike aeg, mida on võimalik pühendada nägemiselundiga tutvumisele, ei anna mingit võimalust peatuda silma embrüoloogia kõige huvitavamail küsimustel, värvide nägemisel, binokulaarsel nägemisel, „silmapetteil" jne. Neid küsimusi on väga huvitav lülitada õpperingide tegevusse.

lained [1], mis pärast mitmeid murdumisi langevad võrkkestale ja põhjustavad siin valgustundlikkude närvirakkude erutusi: need erutused ulatuvad nägemisnärvi kaudu suuraju poolkerade koore nägemispiirkondadesse ja tekitavad inimeses ühe või teise värvi või eseme aistingu.

Kuulmis- ja tasakaalu-elundid. Kuulmiselundi anatoomia ja füsioloogiaga tutvustatakse õpilasi lühikese ettekande teel, millega koos demonstreeritakse kõrva mudelit ja klassitabelit välis-, kesk- ja sisekõrva ehitusest. Kõrva ehituse skeemi joonis lastakse õpilastel kodus vihikuisse joonistada. Värskendades õpilaste mälus IX klassi zooloogia kursusest saadud teadmisi kõrva võrdlevast anatoomiast selgroogsetel loomadel, meenutab õpetaja Eustachio tõrve tekkimist lõpuspilust ja kuulmeluukeste arenemist alamate kalade vistseraalkaarte luudest. Üksikasjadel pole muidugi põhjust peatuda, piisab, kui lühidalt jälgida ruutluu fülogeneetilist saatust, sest sellega tutvuti IX klassi kursuses.

Keskkõrva teistest osadest tuleb peatuda Eustachio tõrve tähtsusel. Õpetaja selgitab, et trummikile normaalse pinguse säilitamiseks peab rõhk keskkõrva õõnes võrduma rõhuga välis-kuulmekäigus, s. o. atmosfäärilise rõhuga. Et atmosfääriline rõhk on muutuv, siis peab vastavalt muutuma ka rõhk sisekõrva õõnes. Rõhu tasakaalustumine teostub Eustachio tõrve kaudu: iga neelamisliigutuse puhul (ja meie teeme neid liigutusi väga sageli, kas või sülje allaneelamiseks) avaneb Eustachio tõrve neelupoolne osa ja keskkõrva õõs astub niiviisi atmosfääriga ühendusse — toimub rõhu tasakaalustumine.

Seda Eustachio tõrve põhifunktsiooni illustreerib väga

[1] Kahjuks ei anna füüsika kursus seks ajaks veel ülevaadet valguse elektromagnetilisest teooriast.

lihtne katse. Õpilastel lastakse nina kinni pigistada ning suu sulgeda ja neil tingimustel sülge neelata — neelamisliigutus teha. Seejuures tuntakse just nagu kerget lööki trummikilele ja kõrvadesse jääb hetkeks teatav „ebamugavuse" tunne, millega seltsib kuulmise nõrgenemine. Asi seisab selles, et tehes neelamisliigutuse suletud teedega, millede kaudu õhk tungib neelusse, neelame väikese portsjoni õhku neelu ninamisest osast alla; rõhk viimases ja ka Eustachio tõrve kaudu keskkõrva õõnes langeb; rõhk muutub õõnes väiksemaks kui väliskuulmekäigus, trummikile taandub pisut keskkõrva õõnde, mis tundubki kerge tõukena; trummikile pingus suureneb, mille tagajärjel kuulmine veidi nõrgeneb. Et keskkõrva õõnes normaalset rõhku saada, on tarvis uus neelamisliigutus teha, muidugi juba kinnipigistamata ninaga.

Eustachio tõrve tähtsuse illustreerimiseks võib õpilastele jutustada, et kahurväelastel kästakse komando puhul „tuld!" suud avada, ja lasta õpilastel endil arvata, mis eesmärk on säärasel võttel ja miks kahurväelastel, eriti neil, kes raskeid relvi käsitsevad, mõnikord kogupaugu puhul trummikile lõhkeb.

Siirdudes sisekõrva juurde jutustab õpetaja, näidates ühtlasi tabelil ja mudelil, et kolmanda kuulmeluukese — jaluse põhimik toetub ovaalsele „aknale", mis viib sisekõrva õõnde. Allpool ovaalset akent on peenima kilega kaetud teine, „ümmargune aken", mis samuti lahutab sisekõrva keskkõrva õõnest. Sisekõrvas on näha kaks teineteisega ühendatud põiekest [1], tigu, mis on ühega neist ühenduses, ja kolm lookkanalit, mis on seotud teisega ja mis asetsevad kolmel isekeskis perpendikulaarsel tasapinnal. Sisekõrva kõik osad on täidetud vedelikuga

[1] *Utriculus* (kuulmemõik) ja *sácculus* (kuulmekotike).

— endolümfiga. Õpetaja seletab, et kuulmiselundiks on õieti tigu, kuna sisekõrva teised osad on peamiselt erilise meele elundeiks — tasakaalu elundeiks[1]. Peale selle on väga tähtis jutustada ja tabelil ning mudelil näidata, et kõrva juurde minev närv haruneb kaheks juba oimuluus; ühe haru kiud moodustavad närvilõpmed tigus — need on kuulmisnärvi lõpmed; teise haru kiud moodustavad närvilõpmed kotikestes ja lookkanaleis — need on „tasakaalu" närvilõpmed.

Nüüd siirdub õpetaja kuulmis- ja tasakaalu-elundite füsioloogia käsitlemisele ning arendab oma seletust vastavalt järgnevale plaanile.

Need õhuvõnked, mida nimetatakse helideks, satuvad välis-kuulmekäiku, kus nad põrkavad trummikilele. Trummikile hakkab selle tagajärjel ka ise võnkuma sagedusega, millega võngub helisev õhk[2]. Kile võnkumised kanduvad kuulmeluukestele, mis annavad neid omakorda edasi ovaalse akna kaudu keskkõrvale sama sagedusega, aga tunduvalt leevendatud jõuga. Kuulmeluukeste võnkumisel viimane neist (jalus), mis toetub ovaalse akna pingulolevale kilele, kord tõmbab kilet väljapoole, kord taandab sissepoole, tehes seda muidugi samasuguse sagedusega, millisega toimuvad õhu helivõnked. Edasi võib piirduda tähelepanu juhtimisega sellele, et ovaalse akna kile võnkumised põhjustavad sisekõrva vedelikus vastavaid lainete võnkeid. Need lained kanduvad muidugi edasi ka tigu vedelikule, kus asetsevadki närvi kuulmiskiudude lõpmed.

---

[1] Siin ei ole vaja peatuda luu- ja kilelabürindil ning nendevahelistel anatoomilistel suhetel.

[2] Siin on täiesti lubatud säärane lihtsustamine: ei tarvitse kõnelda trummikile enda toonidest. Sama kehtib kuulmeluukeste ja *m. tensor tympani* ning *m. stapedius*'e kohta.

Tiguaparaadi anatoomial ja funktsioonidel peatub õpetaja väga lühidalt ja lihtsustatult [1]. Seejuures on soovitav kasutada tabel-skeemi. Äärmisel juhul võib leppida selle skeemi osaga, mis joonistatakse klassitahvlile. Õpetaja jutustab, et tigus on 2½ keeruga spiraalkäik ja et selle käigu põhi kujutab endast radiaalselt pinguldatud keelkiududest lestet (keeli võrrelda keerdtrepi astmetega). Mida kõrgemale trepil tõusta, seda pikemad [2] on need keeled (võrrelda klaverikeeltega). Neid keel-kiude on keskmiselt umbes 20 tuhat. Nende peal asetsevad võlvikestena Corti elundi rakud; need võlvikesed seisavad spiraalkäigus üksteise kõrval ja on kuulmisrakkude kandjaiks; kuulmisrakkude juurde tulevad kuulmisnärvi tiguharu kiud. Tigu vedeliku võnked panevad lestme kaasahelisevad keeled võnkuma (võrrelda klaverikeelte resonantsiga) ja need võnked antakse edasi Corti elundi vastavaile osadele ja tema kuulmisrakkudele (neid rakke on umbes 15—17 tuhat). Kuulmisrakkudes tekkivad erutused kanduvad kuulmisnärvi kaudu suuraju koore kuulmispiirkonda, s. o. kuulmisanalüsaatori keskossa.

Kirjeldanud niiviisi lühidalt ja elementaarsel kujul Helmholtz'i kuulmisteooriat, ei ole sellel õppimisastmel vajadust peatuda füsioloogiasse kuuluvail küsimustel helide orientatsioonist, samuti mitte heli tugevusel, kõrgusel ja tämbril, heli ja müra analüüsil ning sünteesil jne.

Eraldi tuleb peatuda kuulmiselunditega anatoomiliselt (ja võib-olla ka füsioloogiliselt) seoses olevail tasakaalu-

[1] Ei tarvitse kõnelda *scala vestibuli*'st, *scala tympani*'st ega Reissner'i kilest. Samuti ei tule tarvitada säärast terminit, nagu „aluskile" (*membrana basilaris*). Corti elundi ehitust tuleb puudutada väga lühidalt ja lihtsustatult.

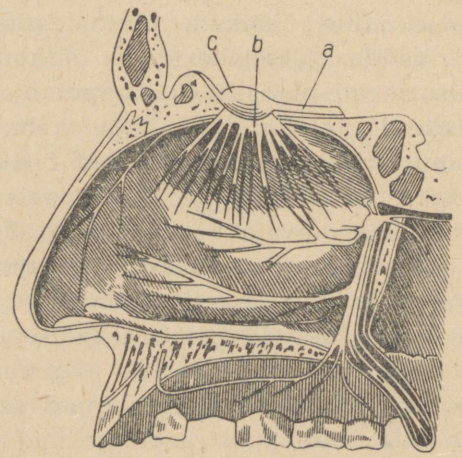
[2] Tavaliselt õpetajad eksivad ja arvavad, et kiud tigu tipul lühenevad. Asi seisab selles, et *membrana basilaris*'e luuline osa muutub mida kõrgemale, seda kitsamaks.

elundeil: sisekõrva kahel kilekotikesel (*utriculus* ja *sácculus*) ja lookkanaleil. Kotikesed ja lookkanalid on samutí nagu tigugi täidetud erilise vedelikuga (endolümfiga). Kotikestes on piirkonnad (*maculae staticae*) tundeliste karvrakkudega (s. o. karvadega varustatud rakkudega), mis on ühenduses kuulmisnärvi haru närvilõpmetega. Lookkanaleis on samasugused moodustised, aga need ei asetse mitte üksikute piirkondadena („tähnidena"), vaid ribadena („harjakestena"). Vahetult karvrakkude vastu asetsevad pisimad süsihappelubjast kristallid („kuulmekivikesed", otoliidid)[1]. Kogu keha või ainult pea asendi muutumisel paigutuvad need kristallid ümber ja ärritavad kord ühtesid, kord teisi meelerakke ning nendega ühenduses olevaid närvilõpmeid. Siin algavad tsentripetaalsed närvikiud suunduvad peaaju-tüve tasakaalukeskustesse ja on samuti ühenduses väikeajuga. Erutused, mis tulevad kirjeldatud tasakaalu-elundeist, loovad peaaju tasakaalukeskuste kaudu tingimused mitmesuguste reflekside tekkimiseks. Igasugune asendi muutmine muudab kristallide poolt meelerakkude karvakestesse avaldatava toime suunda. See põhjustab keeruka reflektoorse liigutuse ja pea taasasetumise normaalsesse asendisse[2]. Niipea kui need tasakaalu-elundid hävivad või vigastuvad, kaob keha ruumilise orienteerumise ja

[1] Kaladel leiduvad meelepiirkondade peal tillukesed tihedad lubjaplaadikesed, teistel selgroogsetel on seal liiv. Pea asendi muutumisel muudavad need moodustised ühtedel loomadel oma rõhku meelepiirkondadele, teistel tekib erutus meelerakkude karvakeste pinge muutumisest kivikeste mõjul.

[2] Lookkanaleis rõhub endolümf keha kiire pöörlemise puhul (karussell, tants jne.) algul inertsi mõjul kanalite ampullide meelepiirkondade ühele küljele, äkilisel peatumisel aga nende teisele küljele. Lookkanalite refleksid tekivad peamiselt keha kiirete kaarliigutuste puhul ükskõik missugusel tasapinnal (lookkanalid asetsevad kolmel isekeskis perpendikulaarsel tasapinnal).

tasakaalu säilitamise võime. Kui loomal (näiteks tuvil, küülikul) lookkanalid täielikult või osaliselt purustada, tekivad pea, kaela ja jäsemete liigutuste häired. Loom hakkab pea ja silmadega vahetpidamatult kõige kummalisemaid pendliliigutusi tegema: ta kõigub, pöördub ühele ja teisele poole, kukub kord üle pea ette, kord üle



Joon. 96. Haistmisnärvi harud: *a* — haistekulgla; *b* — haistmisnärvi harud; *c* — haistesibulik.

saba taha, viskleb maas kõhult selili ja tagasi. See on pilt keerukate tingimatute tasakaalurefleksside hävimisest.

Töövahendid. Oimuluu läbilõikes. Tabel „Kuulmiselund". Kõrva mudel ((lahtivõetav).

Haistmiselundid. Lühikese jutustusega haistmiselundeist peab kaasnema vastava tabeli demonstreerimine. Tabelil on kujutatud mediaalne läbilõik ninaõõnest ja suuraju poolkerade eesmisest osast koos haistmisnärvi ja haistesibuliku ning haistekulglaga (joon. 96). Pärast tähelepanu juhtimist sellele, et haistmisrakkudesse, milledest väljuvad haistmisnärvide kiud, toimivad keemilised ärri-

tused, peatub õpetaja veidi nende rakkude ülitundlikkusel, tuues illustratsiooniks õpikust vastava näite.

Töövahend. Tabel „Haistmis- ja maitsmiselundid".

Maitsmiselundid. Keele maitsmisnäsakeste ehitusel ja funktsioonidel võib peatuda võrdlemisi lühidalt, väljumata õpiku piiridest. On soovitav tahvlil anda joonis seenekujulisest näsakesest ühes selle närviaparatuuriga. Peale selle võib veel meenutada, et suuraju koore maitsmispiirkond asetseb suuraju poolkerade sisepinna alumises osas.

Kompimiselundid. Väljumata materjali piiridest, mis on antud nahameele-elundite kohta A. N. Kabanov'i õpikus, tuleb seletamisel demonstreerida katset, mis illustreerib naha tundlikkust puudutamise suhtes. Selleks on tarvis sirklit ja millimeeter-joonlauda [1]. Katset demonstreeritakse õpilase juures.

Lasknud õpilasel silmad sulgeda, uurib õpetaja esiteks naha tundlikkust puudutamise suhtes nimetissõrme otsa peopesapoolsel küljel. Avanud sirkli otsad 3—4 mm laiuselt, puudutab õpetaja samaaegselt mõlema otsaga sõrme nahka. Küsimusele, mitu puudutust ta tunneb, vastab õpilane „kaks".

Tõmmanud siis sirkli otsad kuni 1,5 mm-ni koomale, saab õpetaja pärast puudutamist vastuseks „üks". Seda proovi võib korrata 2—3 korda, liigutades sirkli otsi 1—3 mm piirides. Tehes samasuguseid katsetusi põsel, saame puudutamise liitaistingu sirkli otste hoopis suuremal lahutamisel, umbes kuni 1 cm-ni, ja ainult siis, kui sirkli otsad on üle 1 cm kaugusele lahku lükatud, saab kaks eraldi aistingut. Käe seljapoolel ulatub see kaugus kuni

[1] Selleks otstarbeks võib konstrueerida spetsiaalse sirkli, nn. estesiomeetri. Selle konstrueerimise kohta vt. I. Kozõr ja P. Suvorova, „Inimese anatoomia ja füsioloogia tundide töövahendid".

3 cm-ni ja enam, õla tagapoolel kuni 6 cm-ni ja selja keskkohal kuni 7 cm-ni [1]. Umbkaudsed „kauguse läved" (seda terminit ei tule klassis tarvitada) naha eri piirkondade jaoks on järgmised (Weber'i järgi):

Keeleots	— 1,0 mm	Käeselg	— 31,6 mm
Sõrmeots	— 2,0 „	Rinna keskkoht	— 45,1 „
Huule punane osa	— 4,5 „	Õlg	— 60,0 „
Ninaots	— 6,8 „	Kukal	— 67,7 „
Põsed	— 11,3 „	Selja keskkoht	— 67,7 „

Klassis tuleb üles riputada tabel, mis kujutab mitmesugust tüüpi närvilõpmeid nahas.

Õpperingi töö teema puhul „Närvisüsteem".

Peale eespool tähendatud laboratoorsete tööde, mida võib teha õpperingis, on seal väga soovitav korraldada veel järgmisi katseid.

Adrenaliini toime südametegevusesse. See katse peab õpilastele andma elementaarse käsituse mõningaist omapäraseist joontest vegetatiivse innervatsiooni toimes töötavaisse elundeisse üldse ja eriti südametegevusesse. Kõigepealt tuleb jutustada Loewi katsetest, kes näitas, et konna sümpaatilise närvi ärritamisel tekib tema südamelihases aine, mille lahus, kui seda lasta läbi teise konna südame, põhjustab viimase kokkutõmmete kiirenemist ja tugevnemist [2]. Teiste sõnadega, see aine, mida Loewi nimetas sümpaatikusaineks (*Sympathicusstoff*), toimib südamelihasesse samuti nagu sümpaatilise närvi (kiirendaja ja tugevdaja) otsekohene ärritaminegi. Üldse võib arvata, et sümpaatiliste närvide toime ei avaldu mitte erutuste vahetus üleandmises silelihaste

[1] Säärane erinev „kauguse lävi" ei olene mitte ainult kompimisnärvide lõpmete jaotumisest mitmesuguseis nahapiirkondades. Siin etendavad oma osa ka ärritatavate kohtade liikuvus, harjutamine ja närviväsimus proovimise ajal. Nähtavasti sõltub „kauguse lävi" teataval määral keerukamaist protsessidest, mis toimuvad kesknärvisüsteemis.

[2] Loewi meetodiga ei ole õpilasi tarvis tutvustada. Tuleb silmas pidada, et Loewi esimesi katseid teostati vaagusainega (vt. järgmine katse).

kiududele või näärmekoele; on tõenäoline, et sümpaatiliste närvide erutuse tulemusena tekib nende lõpmete juures sümpaatikusaine, ja see toimib juba otseteed erutavalt töötava elundi koesse. Selgus, et sümpaatikusaine oma füsioloogiliselt toimelt meenutab väga adrenaliini, ainet, mida produtseerivad ja verre eritavad[1] neerupealised[2] (näidata neid tabelil, mudelil või preparaadil). Seepärast iseloomustatakse sümpaatikusainet kui adrenaliinitaolist ainet. Et adrenaliin avaldab südamesse samasugust füsioloogilist toimet nagu sümpaatilise närvi erutus[3], siis võib vaevarikast prepareerimistööd ja konna südame sümpaatiliste harude ärritamist asendada adrenaliini vahetu toimega südamelihasesse. Katse sooritatakse järgmiselt.

Purustatud kesknärvisüsteemiga konnal (vt. eespool, lk. 138) tehakse kääridega rindkere läbilõige; südamepaunast vabastatud süda riputatakse serfiini või haagikese külge; viimane ühendatakse niidi abil registreeriva kangikese või lihaselaua osutiga (vt. eespool, lk. 192). Kella või metronoomi järgi loendatakse südame kokkutõmmete arv minutis ja märgitakse üles. Siis tilgutatakse väikese pipeti abil südamele mitte üle kahe-kolme tilga adrenaliinilahust (1:100 000). Pärast 1—2 minutit loendatakse uuesti südame kokkutõmmete arv minutis. See arv on tavaliselt eelmisest suurem, sest südame kokkutõmbed on sagenenud. Kuigi see efekt vahest polnud eriti mõjuv, siis kangi või osuti võnked näitavad ikkagi südame kokkutõmmete tugevnemist.

Muidugi on ka võimalik katse ebaõnnestumine. Siis tuleb süda füsioloogilise lahusega (0,65%) hoolikalt ära pesta ja katset korrata, aga adrenaliiniportsjonit mitte suurendada[4].

Tööpahendid. 1—2 konna. Statiiv. Südamekang. Serfiin. Kell sekundinäitajaga. Suured anatoomilised käärid. Väikesed anatoomilised käärid. Skalpell. Pintsett. Prepareerimisnõel. Kaks pipetti.

---

[1] Vt. teemat „Sisesekretsioon".

[2] Nende säsiollus.

[3] Adrenaliin — „sümpaatiline hormoon", „sümpatikotroopne aine".

[4] Väga huvitav on küsimus neerupealiste säsikoe ja sümpaatiliste tänkude ontogeneetilisest sugulusest, samuti nende moodustiste fülogeneesist, aga see küsimus ületab kaugelt keskkooli kursuse piirid.

Prepareerimisvann. Käterätik. Niit. Adrenaliin (lahus 1:100 000). Füsioloogiline lahus külmaverelistele.

Koliini toime südametegevusesse. See katse on vahetus seoses eelmisega ja peab illustreerima sümpaatiliste ning parasümpaatiliste erutuste antagonistlikku toimet südamesse. Õpilastele tuleb enne jutustada sellest, et oma katsete teises seerias seesama Loewi tõestas, et konna uitnärvi (õpilased teavad juba, et see närv on parasümpaatiline) südameharu ja südame lihaskoe erutuse puhul tekib „vaagusaine" (*Vagusstoff*), mille lahus, kui seda läbi teise konna südame lasta, toimib sellesse samuti nagu uitnärvi erutus, s. o. aeglustab ja nõrgendab südame kokkutõmbeid. Siin on väga palju alust arvata, et parasümpaatiliste närvide toime ei avaldu mitte erutuste vahetus edasiandmises koele, vaid närvilõpmete juures vaagusaine tekkimises, ja see juba toimib vahetult sellesse koesse. Antud juhul see mõjub südame lihaskoele pärssivalt.

Selgus, et vaagusaine oma füsioloogiliselt toimelt meenutab väga k o l i i n a i n e t, mida paljud elundid väikesel hulgal produtseerivad. Eriti sisaldub näiteks sapis vähesel määral koliini (koliinsapphapped). Nii võib uitnärvi erutust samal alusel asendada koliinaine vahetu toime[1].

Katse teostatakse sarnaselt eelmisega. Aga enne peab konnalt (parem teiselt) saama teatava hulga sappi. Selleks võetakse lahatud konnalt vigastuste vältimiseks väga ettevaatlikult sapipõis välja (sel on väikese tumedat värvi hernetera välimus ja see asetseb maksasagarate vahel) ja pannakse uuriklaasi peale. Siin lõigatakse põis lõhki ja kogutakse sapp väikesse pipetti.

Nüüd valatakse katsealuse konna süda üle füsioloogilise lahusega ja tilgutatakse sellele üks kuni kaks tilka sappi. Juba mõne sekundi pärast süda kas üldse lakkab tuksumast või tuksed aeglustuvad ja nõrgenevad, mida võib järeldada kangi või lihaselaua osuti liikumisest. See katse õnnestub tavaliselt ilma viperusteta. Iga katse kordamise eel tuleb ainult süda hoolikalt füsioloogilise lahusega puhtaks pesta.

Goltz'i katse. Väga näitlik on Goltz'i katse, mille abil võib selgitada anatoomilis-füsioloogilist seost vegetatiivse ja somaatilise närvisüsteemi vahel.

---

[1] Koliin ja koliinitaolised ained on „vagotroopsed", s. o. sellised ained, mis toimivad sarnaselt vaaguse (uitnärvi) erutustega.

Katse toimub järgmiselt. Nööpnõeltega lauakesele kinnistatud konna rindkereõõs avatakse. Meile juba tuttaval viisil võetakse südametipp serfiini või haagikese otsa ja kinnistatakse niidi abil kangi või lihaselaua osuti külge. Nüüd lüüakse skalpelli käepideme lameda küljega üks või kaks korda lühidalt konna kõhule. Südametuksed lakkavad mõneks sekundiks. Seda nähtust seletatakse järgmiselt.

Löögid kõhule põhjustavad konna kõhu sümpaatiliste põimikute („päikjaspõimiku") tugevat erutust. See erutus kandub sümpaatilise tüve tänkude ja ühestavate harude kaudu seljaajju ning antakse piki seljaaju kiude edasi pikliku aju hallollusele, kus asetseb südametegevuse keskus, s. o. kus algavad (parasümpaatilise) uitnärvi kiud. Õpilased teavad aga juba, et uitnärvi erutused pärsivad südamelihast.

Siin võib muide tähendada, et tugev löök kõhtu võib ka inimesel põhjustada südameseiskust, mille tagajärjel tekib raske minestus. Mõnedel juhtudel võib säärane löök ka surmav olla.

Töövahendid. 1—2 konna. Statiiv. Kang. Serfiin. Suured anatoomilised käärid. Skalpell. Pipetid. Prepareerimisnõel. Pintsett. Nööpnõelad. Turvasplaat või lauake. Füsioloogiline lahus külmaverelistele.

„Refleksiaja" määramine Türck'i järgi. Valmistatakse 0,1-, 0,2-, 0,3-, 0,4-, 0,5- ja 1%-line väävelhappelahus. Teatav hulk igaüht neist lahustest kallatakse eri klaasidesse. Ühte klaasi pannakse aga puhas vesi.

Konnal lõigatakse eespool kirjeldatud viisil pea maha (lk. 138). Loom riputatakse statiivi külge ja paigutatakse kõrvale metronoom või kell sekundinäitajaga.

Nüüd pannakse klaas 0,1%-lise happelahusega nii konna alla, et tagumiste koibade varbad ulatuksid lahusesse. Pannakse tähele ja märgitakse üles nii varvaste lahusesse pistmise moment kui ka see moment, mil loom koivad lahusest välja tõmbab. Kui kasutatakse metronoomi, siis loendatakse lihtsalt löökide arv nende kahe momendi vahel ja kirjutatakse üles. Seda katset tehakse mitu korda, kusjuures iga korra järel pestakse hape varvastelt ära, pistes varbad klaasi, milles on puhas vesi („vann"). Märkides iga kord üles ajavahemiku konna varvaste happelahusesse kastmise momendist kuni vastus-reaktsiooni momendini, saadakse rida arve,

milledest määratakse aritmeetiline keskmine. See keskmine aeg ongi sellele konnale antud tingimustel „refleksiajaks“ [1].

Kui konn on puhtaks pestud, tehakse viieminutine vaheaeg. Siis korratakse samasugust katseterida 0,2%-lise happelahusega ja, leidnud aja aritmeetilise keskmise, määratakse konna „refleksiaeg“ selle uue lahusega. Olles teostanud niiviisi kõigi antud lahustega nende kontsentratsiooni suurenemise järjekorras vastavad katsed, võib kergesti tähele panna, et „refleksiaeg“ lüheneb vastavalt lahuse kontsentratsiooni suurenemisele.

Neid katseid on kõige mugavam teostada kahekesi: üks teeb kõik manipulatsioonid, teine loeb metronoomi lööke või jälgib kella sekundinäitajat ja märgib üles aega. Aritmeetilised keskmised arvutatakse mõlema osalise poolt viieminutistel vaheaegadel üksikute katseseeriate vahel.

On väga tähtis, et lahused oleksid klaasidesse kallatud umbes ühekõrguselt, et sissepistmisel varbad klaasi põhja ainult puudutaksid ja ärritaja toimiks niiviisi ühesse ja samasse nahapinnasse.

Nende katsete põhjal võib teha järelduse: mida tugevam on ärritus, seda lühem on „refleksiaeg“, ja vastupidi, mida nõrgem on ärritus, seda pikem on „refleksiaeg“.

Tõeliselt on meil siin iga kord tegemist erutuste liitumise nähtusega — reflektoorne reaktsioon saabub vastuseks „refleksiaja“ jooksul tekkivale erutuste summale. Mida intensiivsemad on liituvad komponendid, seda kiiremini saabub vastus-reaktsioon.

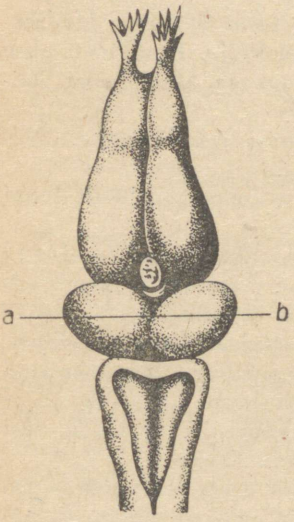
Töövahendid. 1—2 konna. Statiiv. Kell sekundinäitajaga. Suured anatoomilised käärid. Pintsett. Nööpnõelad. Prepareerimisvann. Käterätik. Kork. Klaasid 0,1-, 0,2-, 0,3-, 0,4-, 0,5- ja 1%-lise väävelhappelahusega. Klaas puhta veega.

Setšenov'i pärssimine. Setšenov avastas oma katsetesarjas peaaju üksikute alade erutuste pärssiva toime seljaaju refleksisse. Üht tema katseist võib korrata ka kooli füsioloogia-õpperingis.

Kogu konn, välja arvatud pea, mähitakse käterätikusse ja võe-

[1] Ei ole võimalik anda näpunäiteid selle aja umbkaudse kestuse kohta, kuna see sõltub paljudest asjaoludest: iga üksiku looma üldisest füsioloogilisest seisundist, sellest, kui sügavalt varbaotsad lahusesse pistetakse, pea äralõikamise operatsiooni täpsusest jne.

takse vasakusse kätte. Parema käega tõmmatakse nahk kääride abil koljult ja selja ülaosalt maha. Nüüd pistetakse teravate kääride üks tera kolju ja esimese selgroolüli vahelt koljuõõnde. Püüdes aju mitte vigastada, milleks kääritera lame külg tuleb asetada paralleelselt kolju luude pinnaga, tehakse kaks külgmist lõiget läbi kogu koljulae. Siis võetakse koljulae tagumisest servast pintsetiga kinni ja pööratakse see ära ette. Meie silmade ees avaneb kogu peaaju (joon. 97).



Joon. 97. Konna peaaju: *a—b* — läbilõikamise joon.

Skalpelliga tehakse läbi nägemissagarate keskkoha ristilõige. Aju eesosa (s. o. suured poolkerad), vaheaju ja pool nägemissagaraist kõrvaldatakse.

Nii opereeritud konnal määratakse „refleksiaeg" 0,1%-lise väävelhappe jaoks, nagu see on kirjeldatud eelmise töö puhul. See aeg kirjutatakse üles[1]. Siis pannakse nägemissagarate lõikepinnale mõned keedusoola-kristallid (nägemissagarate tugev keemiline ärritus). See ärritus põhjustab alguses kogu kehas tugevaid kramplikke liigutusi, mis aga mõne aja pärast lõpevad.

Kui nüüd uuesti „refleksiaega" määrata, siis selgub, et see on tublisti pikenenud, refleks kas hilineb tunduvalt või ei toimu vahel üldse (täielik pärssimine).

Tööabivahendid. 1—2 konna. Väikesed anatoomilised käärid. Skalpell. Pintsett. Prepareerimisnõel. Prepareerimisvann. Käterätik. Keedusoola-kristallid. 0,1%-line väävelhappelahus.

Tervikulise närvisüsteemi preparaatide valmistamine. Viimasel ajal on tervikulisest närvisüsteemist preparaatide valmistamiseks esildatud lihtne ja kättesaadav Kornwell'i poolt leiutatud meetod. Preparaatide valmistamisviis on järgmine.

[1] Ka seda tööd on otstarbekohane kahekesi sooritada.

1. Valmistatakse 30%-line lämmastikhappelahus ja hangitakse klaasnõu, kus saab katselooma sellesse lahusesse asetada. Selleks otstarbeks on väga sobivad kristallisaatorid või suured Petri kausid.

2. Imetajalt loomalt (hiirelt, rotilt, küülikult jt.) nülitakse tervenisti nahk maha. Amfiibilt (konnalt, triitonilt, aksolotlilt jt.) ei ole naha eemaldamine tingimata tarvilik.

3. Pärast naha kõrvaldamist pannakse loom 30%-lisse lämmastikhappesse nii, et tema pea jääks lahusest välja. Pead toetatakse klaaspulgast või -torust valmistatud konksukese abil. Loom hoitakse lahuses 36 tundi.

4. 36 tunni pärast vajutatakse ka looma pea lahusesse. Niiviisi hoitakse looma veel 8 tundi lahuses.

5. Pärast lahusest väljavõtmist pestakse looma hoolikalt tunni kestel voolavas vees.

6. Närvisüsteem puhastatakse ettevaatlikult matsereerunud koetükkidest. Et koe jäänuseid kõrvaldada, pannakse preparaat väikesest kõrgusest langeva nõrgalt voolava vee alla.

7. Närvisüsteemi valmis preparaat asetatakse paksu glütseriini.

See meetod on rajatud sellele, et lämmastikhape dekaltsineerib kiiresti luud ja matsereerib koed. Närvisüsteem kõvastub ja ei purune. Preparaati ei tohi aga lämmastikhappes kaua hoida, sest siis kõvastub närvisüsteem liigselt ja muutub hapraks.

Kornwell'i meetodi järgi võib iga looma, isegi selgrootu looma närvisüsteemi preparaati valmistada. Lülijalgseid ei ole tarvis üle 24 tunni lämmastikhappes hoida. Molluskide koed matsereeruvad 12 tunni jooksul.

XIV. SISESEKRETSIOON.

Teema koht ja tähtsus kursuses.

Teemas „Sisesekretsioon" võetakse kokku, süvendatakse ja laiendatakse neid laialipillatud teadmisi ainevahetuse keemilisest regulatsioonist, mida korduvalt on puudutatud mitmete eelmiste teemade puhul. Ühtlasi selgitatakse siin organismi sisekeskkonna — vere ja lümfi üht tähtsaimat funktsiooni: sisekeskkonnas ringlevad ained reguleerivad närvisüsteemiga ühiselt ja kooskõlastatult kõiki organismis toimuvaid protsesse. Reflektoorse ja keemilise regulatsiooni omavaheline seos ja koostöö ilmneb kõige selgemini sisesekretsiooni-näärmete füsioloogia alal.

Muidugi saab keskkoolis sisesekretsiooni-näärmete füsioloogiat käsitella ainult väikese hulga selgete näidete varal, mis illustreerivad hormoonide suurt aktiivsust. Siin tuleb kõige rikkamast materjalist välja valida mõned tänapäevani kõige enam uuritud inkretoorsete näärmete hormoonid. Seejuures on tarvis veel arvestada, missugused hormoonid leiavad käesoleval ajal juba majanduslikku või meditsiinilist rakendamist või tõotavad tulevikus neil aladel tähtsaid perspektiive.

Sellelt seisukohalt pakub teema „Sisesekretsioon" kõige rikkalikumat materjali, et konkreetseil näiteil illust-

reerida loomade ja inimeste elufunktsioonide teadlikku reguleerimist ning juhtimist inimese poolt.

Võib olla, et kuskil kogu inimese anatoomia ja füsioloogia kursuses ei esine teooria ja praktika ühtsuse küsimused nii selgesti nagu selle teema puhul.

Näited, mis selgitavad hormoonide kui kasvu ja vormi kujundamise materiaalsete tegurite ülesannet, on pealegi kõige rikkalikumaks usuvastase iseloomuga kasvatusmaterjaliks.

Mida õpilased peavad omandama. *1. Teadmised anatoomia alalt.* Sisesekretsiooni-näärmete ehituse anatoomiline erinevus välissekretsiooni-näärmete ehitusest. Kilpnääre; tema asetus; kilpnäärme koe mõiste. Ajuripats (hüpofüüs); tema asetus ja seos peaajuga; hüpofüüsi sagarad. Neerupealised; nende asetus. Kõhunääre ja tema mikroskoopiline ehitus. Sugunäärmed; raiad (seemnesarjad, munandid) ja munasarjad. Seemnetorukesed ja raigade vahekude. Munasarja koor- ja säsiollus; Graaf'i põiekesed; kollakeha.

2. Teadmised füsioloogia alalt. Hormoonide mõiste. Kilpnäärme hormoon. Kilpnäärme talitluse nõrgenemine ja tugevnemine ning selle tagajärjed (müksödeem ja basedovi tõbi). Kilpnäärme hormooni toimest kogu-ainevahetusesse. Kilpnäärme eemaldamine ja transplantatsioon (siirdistutamine). Kilpnäärme-preparaadid ja nende toime. Kilpnäärme hormooni preparaadid. Kilpnäärme hormooni mõju vormi kujunemisele.

Hüpofüüsi hormoonid: kasvuhormoon. Gigantism ja akromegaalia.

Neerupealiste hormoon — adrenaliin. Adrenaliini toime süsivesikute-ainevahetusesse. Adrenaliini mõju sümpaatilise närvisüsteemi kaudu südametalitlusele, vereringesüsteemile üldiselt ja lihaste tegevusele.

Kõhunäärme välis- ja sisesekretoorne talitlus. Kõhunäärme hormoon — insuliin — ja selle toime süsivesikute-ainevahetusesse. Suhkurtõbi ja insuliinipreparaatide tarvitamine.

Sugunäärmete hormoonide vormikujunduslik toime (sekundaarsed sugutunnused). Kastratsioon ja selle majanduslik kasutamine. Katsed sugunäärmete transplantatsiooniga.

Neuraalse ja humoraalse regulatsiooni vastastikune seos ja sõltuvus kilpnäärme, neerupealiste ning sugunäärmete hormoonide näidete varal.

Teema läbivõtmise plaan. Teemat võib jaotada järgmisteks osadeks. 1. Keemiline regulatsioon ja sisesekretsiooni-näärmed. 2. Sisesekretsiooni-näärmed ja nende füsioloogilised funktsioonid. 3. Närvisüsteemi ja sisesekretsiooni-näärmete vastastikune suhe ja koostöö ainevahetusprotsesside reguleerimises.

Esimesele, samuti nagu kolmandalegi punktile võib määrata ühe õppetunni; teisele punktile kulub vähemalt kaks õppetundi.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmiseks.

1. Keemiline regulatsioon ja sisesekretsiooni-näärmed.

Sissejuhataval õppetööl on loengu iseloom ja see pühendatakse õpilastele anatoomia ja füsioloogia kursuse eelmistest osadest tuttavaile humoraalse (keemilise) regulatsiooni faktide kordamisele ning kokkuvõtmisele. Edasi antakse sisesekretsiooni-õpetuse arenemisloo lühike ülevaade ja tutvustatakse sisesekretsiooni-näärmete ehituse peamiste iseloomustavate tunnustega ning nende funktsioonidega.

Keemilise regulatsiooni mõiste. Õpetaja alustab sellega, et värskendab õpilaste mälus vestluse kujul järgmised, neile juba tuntud faktid: verre koguneva süsihappegaasi mõju hingamiskeskuse erutuvusele (hingamise keemiline regulatsioon); maonäärmete mahlanõristuse ergutamine verre imenduvate ainete poolt (maomahla nõristuse keemiline regulatsioon); kõhunäärme nõristustegevuse ergutamine sekretiini poolt, mis kandub verevoolu kaudu näärmesse (kõhunäärme välissekretoorse

tegevuse keemiline regulatsioon). See lühike kokkuvõte ja kordamine annab võimaluse rõhutada ja õpilaste mälus fikseerida seda, et kõigil neil juhtudel on meil tegemist keemilise regulatsiooniga, mida teostavad erilised veres ringlevad ained, mis kanduvad sinna mitmesuguseist elundeist ja kudedest; et keemilise regulatsiooni protsessid toimuvad kõrvuti ja koos närviregulatsiooniga (meenutada näiteks maomahla nõristuse reflektoorset regulatsiooni).

Üleminekuks sisesekretsiooni-õpetuse ajaloolisele ülevaatele võib tähelepanu juhtida sellele, et ainete hulgas, mis ringlevad veres ja ergutavad ühtede või teiste elundite tegevust, on rida aineid, mis on eriti suure füsioloogilise aktiivsusega ning mis kanduvad väikesel hulgal verevoolu erilistest näärmetest. Siin võib esmakordselt mainida termineid „hormoonid" ja „sisesekretsiooni-näärmed".

Sisesekretsiooni-õpetuse ajalooline ülevaade. Need kaks mõistet võib väga huvitavalt ja näitlikult selgeks teha, andes lühikese ülevaate sisesekretsiooni-õpetuse ajaloost.

Võib tähelepanu juhtida sellele, et muinas- ja keskajal mõned õpetlased ja arstid arvasid, et inimese veri sisaldab aineid, mille mitmesugusest suhtelisest sisaldusest sõltuvad tervis ja haigus. Need kujutlused ei põhinenud mitte katseil, vaid abstraktsetel, skolastilistel süllogismidel ega tulnud seepärast praktikas õigele rakendamisele.

Ometi kasutasid inimesed majapidamises kõige vanemaist aegadest alates loomade juures sääraseid kirurgilisi operatsioone, mille toime leidis seletuse alles võrdlemisi hilisel ajal. Kõne on põllumajandusloomade kastreerimisest. Juba hulga sajandite eest õppisid inimesed raigade eemaldamise teel näiteks metsikut alistumatut pulli muutma sõnakuulelikuks tööhärjaks, isemeelset täkku

tegema rahulikuks ruunaks, soonilist vintske lihaga kukke muutma rasvaseks õrna lihaga kohikukeks jne.

Alles XVIII saj. lõpul püüdis üks prantsuse arst (Bordet[1]) neile faktidele seletust anda, näidates, et raiad nõristavad verre aineid, millede tagajärjel isastel koduloomadel ilmnevad näiteks säärased tunnused, nagu kuiv kõhn keha, alistumatu iseloom jm., kukkedel — kannused, hari, laul, riiakus jne.

XIX saj. esimesel poolel osutas üks teadlane (Berthold) teravmeelse katse abil suurele tähtsusele, mida omavad raigade poolt nõristatavad ained. Ta kastreeris noori kukkesid ja transplanteeris neile pärast haava kinnikasvamist naha alla kana munasarjad. Säärastel kukkedel ei kasvanud pähe harja ega jalgadele kannuseid, ei arenenud toredat saba. Need kuked ei laulnud, vaid nad omandasid kanade välimuse, nende rahuliku iseloomu ja harjumused. Lühidalt, need kuked kaotasid oma välistunnused ja omandasid kanade välistunnused ja käitumisviisi. Siit tehti õige järeldus, et loomade raiad ja munasarjad nõristavad verre selliseid aineid, millede toimel neil arenevad ühe või teise sugupoole tunnused ja käitumine.

Umbes samal ajal (natuke varem) tegi suurimaid füsioloogе Johannes Müller täpselt kindlaks, et inimese organismis tuleb eristada välissekretoorseid (sülje-, mao-, higi- jne.) näärmeid sisesekretoorseist, mis nõristavad oma ollused verre (Müller nimetas neid „verenäärmeiks").

Aga kätte saada ja eraldada aineid, mida sisesekretsiooni-näärmed produtseerivad, õnnestus alles XIX saj. lõpul ja XX saj. algul. Hormoonideks hakati neid aineid nimetama alles meie sajandil. Käesoleval ajal on õpetus sisesekretsioonist, s. o. sisesekretsiooni-näärmeist ja nen-

[1] Kui õpetaja peab tarvilikuks õpetlaste nimesid mainida, siis ta muidugi ei tohi nõuda nende meelespidamist.

de hormoonidest, üks kõige kiiremini arenevaid füsioloogia alasid. Sisesekretsiooni-teooria leiab arstiteaduse ja loomakasvatuse praktikas üha laialdasemat ja mitmekesisemat rakendamist [1].

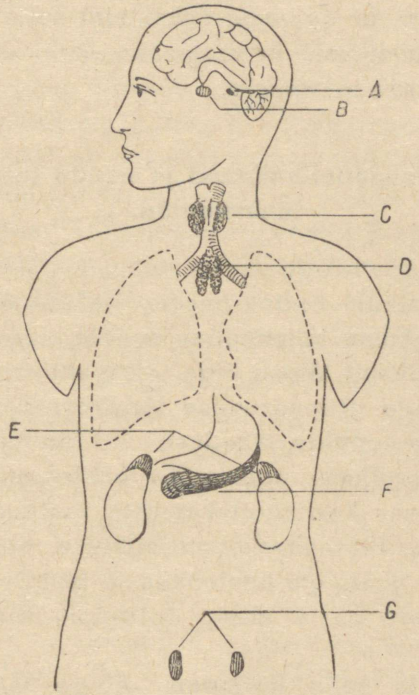
Sisesekretsiooni-näärmete demonstreerimine. Nüüd tuleb sisesekretsiooni-näärmeid anatoomilisel tabelil ja mõne lahatud looma juures demonstreerida. Kui kooli bioloogiakabinetil on olemas kohane märgpreparaat lahatud imetajast, siis võib seda kasutada. Vastasel korral on soovitav selleks otstarbeks lahata ükskõik milline väike imetaja, kas rott, küülik, kass või põrsas, ja näidata selle kilpnääret, neerupealiseid, kõhunääret, raigasid (või munasarja). Samuti tuleb näidata ajuripatsit peaaju mudelil ja tabelil.

Sise- ja välissekretsiooni-näärmed. Olles niiviisi õpilastele tutvustanud neile tundmatuid uusi elundeid, sisesekretsiooni-näärmeid, tuleb kõigepealt selgitada nende põhilist anatoomilist erinevust välissekretsiooni-näärmeist. On küllaldane, kui kindlaks tehakse fakt, et sisesekretsiooni-näärmeil ei ole viimajuhasid, mispärast nad oma produtseeritud hormoone eritavad mitte õõntesse ja elunditesse, vaid verevoolu, kuna välissekretsiooni-näärmed (sülje- ja maonäärmed, kõhunääre jne.) eritavad oma produkte viimajuhade kaudu.

Siinsamas peab tähelepanu juhtima organismis leiduvaile k a k s i k n ä ä r m e i l e, mis on ühteaegu nii sisekui ka välissekretsiooni-näärmed. Suunavate küsimuste abil

[1] Viimasel ajal esitas Kanada endokrinoloog I. Collip õpetuse nn. antihormoonidest, mis tema arvates etendavad suurt osa nii organismi humoraalse regulatsiooni protsessis kui ka isendi ontogeneetilise arengu regulatsiooni protsessis. Lähemat antihormoonide kohta vt. V. F. M i r e k'i ülevaatlikust artiklist „Antihormoonid" („Uuest suunast tänapäeva endokrinoloogias") ajakirjas „Биология в школе" nr. 5, 1936.

tuleb ühes õpilastega eelmisest kursusest meelde tuletada, et näiteks kõhunäärmel on viimajuha, et ta produtseerib kõhunäärmemahla ja eritab seda kaksteistsõrmiksoolde, aga et ta ühtlasi produtseerib ka insuliini, mis ei



Joon. 98. Skeem „Tähtsamad sisesekretsiooni-näärmed": *A* — epifüüs; *B* — hüpofüüs; *C* — kilpnääre; *D* — harknääre; *E* — kõhunääre; *F* — neerupealised; *G* — sugunäärmed.

lähe näärme viimajuhasse ja järelikult ei satu ka sooltesse, vaid suundub vahetult verre ning alles vere kaudu mõjub maksa glükogeensele tegevusele.

Tähtsaimad sisesekretsiooni-näärmed ja nende topograafia. Nüüd võib loengulisel õppetööl pakutud materjali

kokku võtta ja kinnistada klassis ülesriputatud tabel-skeemi läbivõtmise teel (joon. 98). Sellel tabel-skeemil on märgitud ainult need näärmed, mille füsioloogiat keskkoolis õpitakse: kilpnääre, ajuripats (hüpofüüs), neerupealised, kõhunääre ja sugunäärmed[1].

On soovitav, et õpilased tunni ajal selle skeemi oma vihikuisse joonistaksid ja vastavaile kohtadele näärmete nimetused juurde märgiksid.

2. Sisesekretsiooni-näärmed ja nende füsioloogilised funktsioonid.

A. N. Kabanov'i õpikus on teemat „Sisesekretsioon" käsiteldud üksikute endokriinsete näärmete läbivõtmise järjekorras. Säärane lähenemine sellele teemale on keskkoolis metoodiliselt täiesti õige. Sisesekretsiooniga tutvumist hormoonide grupeerumise järjekorras nende füsioloogiliste funktsioonide läheduse või antagonismi järgi, nende füsioloogilises, aga mitte anatoomilises klassifikatsioonis, ei saa keskkooli kursuses metoodiliselt õigustatuks pidada. Sisesekretsiooni-õpetuse alustega tutvumine üksikute näärmete anatoomia ja füsioloogia tundmaõppimise kaudu on X klassi õpilastele ülevaatlikum ja arusaadavam.

Kilpnääre ja selle hormoon. Kõige tänuväärsemaks objektiks üldisel tutvumisel sisesekretsiooni-näärmete põhitunnustega ja nende elundite füsioloogiaga on kilpnääre. Tema suhteliselt suured mõõtmed, kättesaadav ja kehapinna-lähedane anatoomiline asetus teevad ta demonstreerimise jaoks väga sobivaks ja näitlikuks. Tunnis tuleb peale tabeli, mis kujutab rindkereõõne sise-

[1] Harknäärme käsitlemise võib ära jätta, sest see on tänapäevani kõige vähem uuritud näärmeid.

elundeid, tingimata kasutada kõri märgpreparaate (inimese või imetaja looma omi) ühes kilpnäärmega. On tingimata tarvilik kas või üksainus säärane preparaat. Kahjuks pole neid preparaate müügil kergesti saada ja õpetaja peab need omal jõul ise valmistama [1].

Kilpnäärme võib võtta sarvloomalt. Sarvloomal paiknevad näärme mõlemad sagarad trahhea külgedel kõri ligidal nii, et kitsas ühendav osa, kui see on olemas, asetseb trahhea teisel või kolmandal rõngal (joon. 99). Kõige parem on kilpnääret võtta üheskoos trahhea osaga. Kilpnäärmel on õhuke kest, mis on sageli kaetud paksu rasvakihiga. Rasv kõrvaldatakse ettevaatlikult. On soovitav mikroskoobilisel preparaadil või tabelil näidata kilpnäärme näärmekoe ehitust.

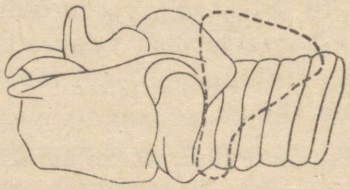
Stabiilses õpikus on üldiselt antud kilpnäärme kohta piisav materjal, ei ole aga küllalt rõhutatud näärme hüpofunktsiooni (nõrgenenud talitlust) ja hüperfunktsiooni (suurenenud talitlust). Õpetaja peab seepärast müksödeemi ja basedovi tõve tähtsamaid sümptoome selgesti teineteisega vastandama.

Müksödeem.	Basedovi tõbi.
Südametegevuse nõrgenemine (aeglustunud pulss).	Südame kokkutõmmete sagenemine (kiirenenud pulss).
Temperatuur alla normaalset.	Temperatuur üle normaalse.
Söömine ja uriini eritumine vähenenud.	Söömine ja uriini eritumine suurenenud.
Kasvu aeglustumine lastel ja vaimse tegevuse nõrgenemine.	Kasvu kiirenemine lastel, kesknärvisüsteemi alatine erutatud seisund.
Keha tursumine.	Kõhnumine.

[1] Müügil leidub ka endokriinsete näärmete õhikpreparaate, aga need ei ole küllalt demonstratiivsed.

See vastandamine selgitab täie ülevaatlikkusega kilpnäärme hormooni mõju üldisele ainevahetusele ja kesknärvisüsteemi talitlusele [1].

Kilpnäärme puhul tuleb anda ülevaade sisesekretsiooni-näärmete füsioloogia uurimise säärastest meetoditest, nagu näärmete operatiivne eemaldamine loomadel, transplantatsioon pärast eemaldamist, opereeritud loomade toitmine näärmepreparaatide või -leotistega, haigete kliiniline järelevalve, preparaatide või leotiste tarvitamine inimeste ravimisel.



Joon. 99. Kilpnäärme asetus sarvloomadel (märgitud punktiiriga).

Tööpahendid. Inimese või imetaja looma kõri ja sellel asetseva kilpnäärme preparaat. Kilpnäärme näärmekoe mikroskoobiline preparaat. Mikroskoobid. Osutiga okulaarid. Tabel „Kilpnäärme näärmekoe mikroskoopiline ehitus".

Katsed kilpnäärme preparaatidega. Tavaliselt arvatakse, et keskkoolis on endokriinsete näärmete hormoonidega täiesti võimatu katseid korraldada. Seda kinnitab näiteks K. P. Jagodovski oma raamatus „Laboratoorsed tööd inimese anatoomia ja füsioloogia kursuses". Ometi võib välja tõsta rida katseid, mis on erakordselt iseloomulikud ja sealjuures keskkooli tingimustes väga kergesti teostatavad. Neid tuleb demonstreerida. Eriti võib kilpnäärme käsitlemisel klassis demonstreerida kilpnäärme preparaatide söötmise mõju aksolotlite metamorfoosile

[1] Hormooni nime (türoksiin) ja näärme leotispreparaadi (türeojodiin) mainimine õpilastele ei ole tingimata tarvilik.

(nende moondumine täiskasvanud amblüstomateks) ja konnade kullestele. Teist katset on igal koolil võimalik korraldada — teema võetakse läbi kevadel, aga aksolotleidki pole sageli raske osta [1].

Allpool kirjeldatud katsete jaoks tuleb väljaspool õppeaega hakata ettevalmistusi tegema kuu või äärmisel juhul paarkümmend päeva enne teema läbivõtmise algust, tõmmates selleks kaasa kogu klassi või igal juhul vähemalt klassi aktiivi.

Aksolotli moondumine amblüstomaks. Kaks umbes ühesuurust ja ühevärvilist aksolotlit pannakse eraldi klaasnõudesse. Üks on katse-, teine kontroll-loomaks. Katse-eksemplarile antakse iga päev 1 g kuivatatud kilpnäärme pulbrit (valmistamist vt. allpool), mida puistatakse nõus olevasse vette. Selle asemel võib veele lisada ka ostetud türeojodiini, arvestades liitri vee kohta 0,1 g. Kontrolleksemplarile antakse ainult tavalist toitu (tümlasi).

Katselooma metamorfoos algab umbes 15. päeval, kui väliste lõpuste ja sabauime kadumine hakkab juba märgatavaks muutuma. Metamorfoos lõpeb 30.—35. päeval. Katse- ja kontroll-looma näitamine avaldab õpilastesse sügavat mõju ja võib anda materjali kasvatuslikus mõttes väga huvitavaks ning väärtuslikuks vestluseks teemadel: teaduserelva mõju säärastele sügavatele eluprotsessidele, nagu vormi kujunemine ja metamorfoos, loomade kuju muutmine inimese poolt, hormoonide õpetuse kasutamise perspektiivid arstiteaduses ja majanduslikul alal.

Konna kulleste metamorfoosi kiirendamine. Olles paigutanud mitu ühevanust kullest kahte lahtisesse, vett sisaldavasse klaasnõusse või akvaariumi, hakkame ühes

[1] Väljajagamis-materjali rajoonibaasid peaksid ses suhtes tegutsema nii zooloogia, anatoomia kui ka füsioloogia õpetamise huvides.

nõus kulleseid söötma kilpnäärme preparaadiga, nagu eespool õpetatud; teine on kontrollnõuks.

Juba mõne päeva pärast võib täheldada, et kullesed, kes saavad näärmepreparaati, hakkavad oma metamorfoosis kontrollkulleseid ületama.

Klassis demonstreerimise ajaks on erinevus muutunud juba silmapaistvaks. Katsekullesed on kontrollkullestest väiksemad, aga neil on olemas juba jäsemed, saba on lühenenud ja selle ujuservised peaaegu kadunud, lõpused on hoopis lühemad või isegi peaaegu täielikult kadunud jne.

Preparaatide valmistamine sisesekretsiooni-näärmeist. Väga kerge on ise valmistada mõnede endokriinsete näärmete, näiteks kilpnäärme või hüpofüüsi preparaate.

Sarvloomade või sea kilpnääret ja 2—3 hüpofüüsi võib linnas saada tapamajast, kuna maal võib alati õpilaste kaudu kuulda, kus vasikat, lammast või siga tappa kavatsetakse; vajalikud näärmed tuleb säärasel juhul endal äsjatapetud loomalt välja lõigata.

Saadud näärmeid peab kõigepealt kuivatama. Kui koolis on olemas termostaat, pannakse nääre sellesse 60° t°-l umbes ööpäevaks seisma. Kuivamist võib pidada lõpetatuks, kui nääre sõrmede vahel kergesti pudenema hakkab.

Termostaadi puudumisel võib kuivatamist toimetada hästiköetud ahju ligidal. Tuleb ainult jälgida, et temperatuur kuivamiskohal ei tõuseks üle 60°, muidu hakkab nääre söestuma ja tema hormoonid hävivad. Kuivatamise kestus on selle viisi puhul muidugi erinev, kuid kuivatamise lõpptulemus on sama: nääre peab sõrmede vahel pudenema.

Kuivatatud nääre tuleb puhtas portselankausis peeneks pulbriks hõõruda. Pulber pannakse keeduklaasi või karpi, suletakse klaaskaanega ja säilitatakse kuivas kohas.

Lisades katseloomade toidule näärmepulbrit, võib kindlaks teha kilpnäärme hormoonide toime[1].

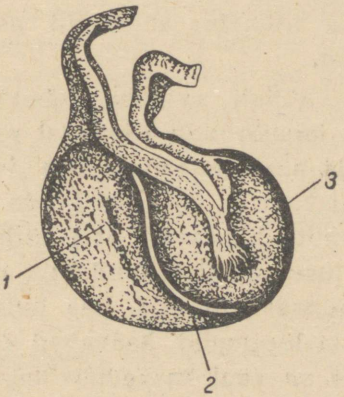
[1] Kilpnäärme hormoon ja osa hüpofüüsi hormoone ei muutu seedemahlade toimel.

Hormoonide saamiseks võib kasutada ka näärmeleotise valmistamise meetodit. Koolis sooritatavate katsete jaoks valmistatakse leotis järgmisel viisil.

1 g peeneks hõõrutud nääret lahustatakse 100 cm^3 füsioloogilises keedusoolalahuses (0,65%) või glütseriinis. Seda leotist loksutatakse aeg-ajalt tublisti; 4—5 tunni pärast lahus filtreeritakse, ja leotis ongi valmis. Nimetame seda leotist tingimisi 1:100.

Lahjendades 1 cm^3 seda leotist 10 g-s füsioloogilises lahuses (või glütseriinis), saame leotise vahekorraga 1:1000. Samal viisil võib saada leotise vahekorraga 1:10 000. Säärased suured lahjendused mõjuvad vahel efektiivsemalt kui väikesed. Võib alustada väikeste lahjendustega ja mõne aja pärast üle minna suuremaile.

Leotisi süstitakse loomadele tavaliselt kas naha alla või veeni, aga neid võib anda ka suu kaudu.



Joon. 100. Hüpofüüs läbilõikes (skemaatiline joonis): 1 — eesmine sagar; 2 — vahelmine sagar; 3 — tagumine sagar.

Ajuripats. Hüpofüüsi hormoonidest võib, nagu seda on tehtud stabiilses õpikus, keskkooli X klassis enamvähem üksikasjaliselt peatuda ainult selle näärme eesmise sagara ühel hormoonil, nimelt kasvuhormoonil. Aga on siiski soovitav õpilastele anda kujutlus hüpofüüsist kui keerukast näärmest vastava joonise demonstreerimise teel

(joon. 100) või, veel parem, tehes klassitahvlil hüpofüüsi läbilõigu skemaatilise joonise. Joonistades selle hüpofüüsi läbilõigu skeemi oma vihikuisse, märgivad õpilased ära ka tema eesmise, vahelmise ja tagumise sagara.

On väga soovitav kas spetsiaalselt valmistatud klassitabeli või ekraanil vastavate klaas- või filmdiapositiivide (sääraseid on müügil) näitamise teel illustreerida hüpofüsaarse kääbusluse, gigantismi ja akromegaalia näiteid inimestel, samuti hüpofüüsi eemaldamise tagajärgi noortel loomadel, hüpofüüsi leotiste verre süstimise tulemusi jne.

Käsitelles niiviisi hüpofüsaarset kasvuhormooni on õpetajal juba siin võimalus anda pilt näärme hüpo- ja hüperfunktsioonist.

Õpikus pole küllalt selgesti käsiteldud hüpofüüsi hüperfunktsiooni tagajärgede küsimust varases ja küpses eas (gigantism ja akromegaalia). Siin tuleb tähelepanu juhtida sellele, et varases eas, kus luude ja elundite kasv pole veel lõppenud, kasvavad nad kõik kasvuhormooni suurenenud talitluse mõjul kiirendatult, mille tulemuseks ongi hiidsus. Küpses eas aga, kus luustiku ja elundite kasv põhiliselt on lõppenud, kasvavad edasi ainult üksikud elundid, mis on veel kasvamisvõime säilitanud: näo väikesed luud ja lihased, alalõug, jäsemete väikesed luud ja lihased, nina, huuled, keel, süda, maks jne.

Siinkohal on vaja peatuda ka mõnedel majanduslikel perspektiividel kasvuhormooni tarvitamise alal. Tuleb tähelepanu juhtida sellele, et süstides hüpofüüsi eesmise sagara leotisi noortele rottidele, on teadlastel korda läinud saavutada loomade kiirendatud kasvu; et on õnnestunud üles kasvatada aksolotleid-hiiglasi, toites neid hüpofüüsi eesmise sagaraga. Tänapäeval on leiutatud vahendid kasvuhormooni eraldamiseks eesmise sagara teistest hor-

moonidest (vt. allpool). Seda õieti rakendades võib saavutada koduloomade kere kasvu kiirenemist, karja üldise lihavuse suurenemist nuumamisel.

Selgitades õpilastele säärase probleemi lahendamise suurt majanduslikku tähtsust, anname neile konkreetse näite loodusseaduste valitsemise tähtsusest teooria ja praktika ühendamise teel sotsialistlikus ülesehitustöös.

Mõne sõnaga peab õpilastele jutustama ka sellest, et hüpofüüs produtseerib peale kasvuhormooni veel mitmeid teisi väga tähtsaid hormoone: nimelt eritab tema eesmine sagar kasvuhormooni kõrval veel vähemalt kuut hormooni, mis mõjuvad teiste elundite talitlusele (muidugi ei tule nende nimetusi — gonadotroopne, türeotroopne hormoon jne. — anda; samuti ei tule õpilastele seletada nende füsioloogilist tähtsust); tema vahelmine kui ka tagumine sagar produtseerib mitut hormooni, mis etendavad suurt osa ainevahetusprotsesside reguleerimises ja sise-elundite lihaste tegevuses. Neid teadmisi ei tule õpilastele pakkuda mitte kohustuslikuks meelespidamiseks, vaid ainult selleks, et neile kujutlust anda hüpofüüsi sisesekretoorse tegevuse keerukusest.

Õpperingis võib korraldada mitu elementaarset katset hüpofüüsi preparaatidega (vt. allpool, „Õpperingide töö", lk. 442).

Neerupealised. Demonstreerides õpilastele lahatud imetaja preparaadil, mulaažil või tabelil neerupealiseid tuleb näidata ja tähelepanu juhtida sellele, et kumbki neist näärmeist varustub neerudest eraldatud aordi haru (neerupealse arteeri) kaudu verega ja et veri, mis voolab läbi neerupealiste kapillaarvõrgu, suubub alumisse tühiveeni samuti neerudest eraldatud (neerupealse) veeni kaudu. See seletus on tähtis sellepärast, et näärme anatoomiline asetus ja isegi nimetus võib

muidu põhjust anda, et teda hakatakse neeru osaks pidama.

Neerupealiste anatoomiliste seoste selgitamine näitab nende endokriinsete näärmete tähtsust organismi füsioloogiliste protsesside reguleerimisel. Õpilastele tuleb teatada, et neerupealistes eristatakse koor- ja säsiollust, et see nääre on keeruka ehitusega ning produtseerib mitut hormooni.

Adrenaliini osa süsivesikute-ainevahetuses pole stabiilses õpikus üldse valgustatud ja nii jääb see teema puhul „Seedimine" puudutatud küsimus lõpetamata. Adrenaliini ja insuliini antagonistlikku toimet süsivesikute-ainevahetusse võib õpilastele selgitada järgmiselt.

On tarvis meelde tuletada, et terve inimese veres on viinamarjasuhkru-sisaldus konstantne (0,12—0,15%); et imendumise haripunktil see kogus üldises verevoolus ei suurene; et ta suureneb siis ainult värativeenis, mis viib verd sooltest maksa; et maksas toimub kõhunäärme poolt nõristatava hormooni — insuliini mõjul glükogeeni (loomse tärklise) süntees viinamarjasuhkrust.

Aga vere glükoosi kasutavad kogu aja kudede rakud (eriti lihaskoe rakud) ja tema hulk veres peaks niiviisi vähenema. Kuid seda ei juhtu sellepärast, et verevoolu kaudu maksa tuleva adrenaliini mõjul toimub siin glükogeeni lõhustumine glükoosiks, mis katab tema kahanemise veres.

Niisiis toimuvad maksas kogu aja kaks teineteisele vastandlikku protsessi: glükogeeni süntees insuliini toimel ja tema lõhustumine adrenaliini mõjul. Järelikult insuliin ja adrenaliin on organismi süsivesikute-ainevahetuse protsessis antagonistlikud hormoonid.

Selle järelduse kinnistamiseks tuleb jutustada, et adrenaliini süstimine verre põhjustab seal suhkruhulga säärast suurenemist, et see siirdub uriinisse; teiselt poolt teavad õpilased juba, et insuliini juhtimine organismi vähendab vere suhkrusisaldust.

Klassis teostatavate katsetega on võimalik demonstreerida adrenaliini toimet konna südame tegevusesse.

Adrenaliini toime konna südame tegevusesse. Adrenaliini võib peaaegu igast apteegist osta. Katse jaoks valmistatakse adrenaliinilahus vahekorras 1:10 000. Kõige parem on säärase kontsentratsiooniga lahus otse apteegist tellida. Katse korraldamise tehnika on samasugune, nagu konna südame tegevuse uurimise katsetegi puhul (lk. 412). Tuleb kasutada värskelt valmistatud adrenaliinilahust.

Töövahendid. 1—2 konna. Universaalne lihaselaud või kang. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. 1—2 prepareerimisnõela. Pipett. Prepareerimisvann. Käterätik. Serfiinid. Niit. Füsioloogiline lahus külmaverelistele. Adrenaliinilahus vahekorras 1:10 000.

Katse ajal juhib õpetaja tähelepanu sellele, missuguse väikese kontsentratsiooni (1:10 000) puhul põhjustab adrenaliin nii ilmset südametegevuse sagenemist ja tugevnemist. Selle näitega ühenduses võib uuesti rõhutada hormoonide suurt aktiivsust ja nende kaduv-väikest sisaldust veres.

Adrenaliini toime soolte peristaltikasse. Kui jätkub aega, võib demonstreerida veel adrenaliini toimet soolte peristaltikasse. Selleks lahatakse konn tavalisel viisil. Tema sooled lõigatakse mao kohalt ja päraku ligidalt läbi. Maks eemaldatakse. Keskmeid ei tohi purustada. Soolte pärakupoolsesse otsa seotakse koormus (kivike). Kogu soolestik pannakse füsioloogilist lahust sisaldavasse klaasi. Soolte algusse seotakse pikk niit. Preparaat kinnistatakse südamekangi külge või paigutatakse uni-

versaalsele lihaselauale (joon. 29). Esimesel juhul seotakse niit, nagu südametegevuse uurimise katsetegi puhul, kangi külge. Kangi pikk õlg seatakse 40 või 50°-se nurga alla. Klaasi lisatakse 2—3 tilka adrenaliinilahust (1:10 000) ja jälgitakse kangi liikumist.

Adrenaliin toimib pärssivalt silelihaskonna kokkutõmbuvusse, põhjustades selle nõrgenemist, mille tagajärjel sooled õgvenevad ja osuti langeb. Katse jaoks tuleb kasutada värskelt valmistatud adrenaliinilahust.

Tööpahendid. 1—2 konna. Universaalne lihaselaud või kang. Väikesed anatoomilised käärid. Pintsett. 1—2 prepareerimisnõela. Pipett. Prepareerimisvann. Käterätik. Füsioloogiline lahus. Adrenaliin 1:10 000.

Vaevalt on veel vaja eraldi rõhutada, et keskkoolis on võimatu peatuda sellistel küsimustel, nagu suhe adrenaliini ning adrenaliinitaoliste ainete toime ja sümpaatilise närvisüsteemi toime vahel, samuti suhe koliinitaoliste ainete toime ja parasümpaatilise süsteemi toime vahel või viimaks sümpaatikusained, vaagusained jne.

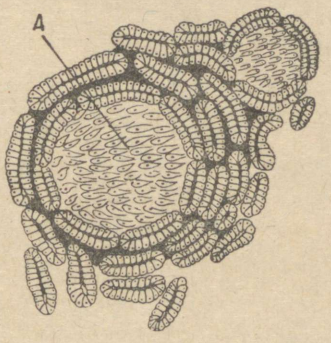
Kõhunääre. Kõhunäärme välissekretoorse talitlusega on juba tutvutud teema puhul „Seedimine ja toitumine"; sama teemaga ühenduses puudutati ka kõhunäärme sisesekretoorse tegevuse küsimust. Adrenaliini füsioloogilist toimet käsitelles vaadeldi ka kõhunäärme hormooni — insuliini füsioloogilist toimet.

Pärast nende faktide kordamist jääb tõeliselt üle kõhunäärme tundmaõppimist veel ainult lõpetada, käsitelles teda kui kahesuguse tegevusega nääret. Tabelil, joonisel või, veel parem, näärme mikroskoobilise preparaadi demonstreerimise teel tuleb näidata näärme välissekretoorset kude ja selle seost viimajuhaga ning sisesekretoorset kude — saarekesi (joon. 101) [1]. Nende saarekeste

[1] Nn. Langerhans'i saarekesed. Õpilaste mälu ei tule selle nimetusega koormata.

rakud produtseerivadki insuliini. Siin võib ka veel mainida, et hormooni nimetus — insuliin — on talle antud sisesekretoorse koe nende saarekeste järgi: sõna saar on ladina keeles *insula*.

Sugunäärmed. Teema „Sisesekretsioon" kokkuvõtte puhul tuleb üle minna sugunäärmete käsitlemisele. Nagu õpilased juba eelmiste klasside kursustest teavad, seisab



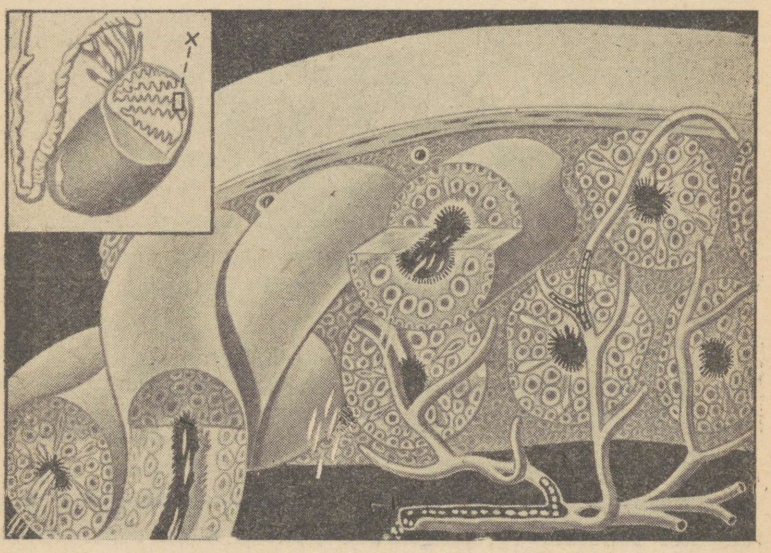
Joon. 101. Kõhunäärme mikroskoopiline ehitus (skemaatiline): *A* — hormooni produtseeriv näärmepiirkond (saareke).

sugunäärmete välissekretsioon seemnevedeliku ja munarakkude eritamises viimajuhade kaudu, kuna sisesekretsioon, millega nad nüüd peavad tutvuma, seisab eriliste hormoonide, suguhormoonide valmistamises ja verre eritamises.

IX klassi zooloogia kursuses tutvusid õpilased imetajate loomade sigimiselundite anatoomiaga ja omandasid samuti vajalikud teadmised sigimise funktsioonist ning loote arenemisest. Neid teadmisi peab värskendama. Säärane lähenemine sugunäärmete sisesekretoorse talitluse tundmaõppimisele annab selle teema käsitlemisele kohe tavalise tooni, vajaliku suuna, mis ei või

põhjustada mingit tõuget õpilaste mõtete suundumiseks kõrvale, mingisuguste seksuaalsete elamuste valdkonda.

Tunnis tuleb demonstreerida raia (terminit „muna" ei tule tarvitada) ja munasarja tabel-skeemi (joon. 102 ja 103), samuti väikese lahatud emase imetaja looma märg-



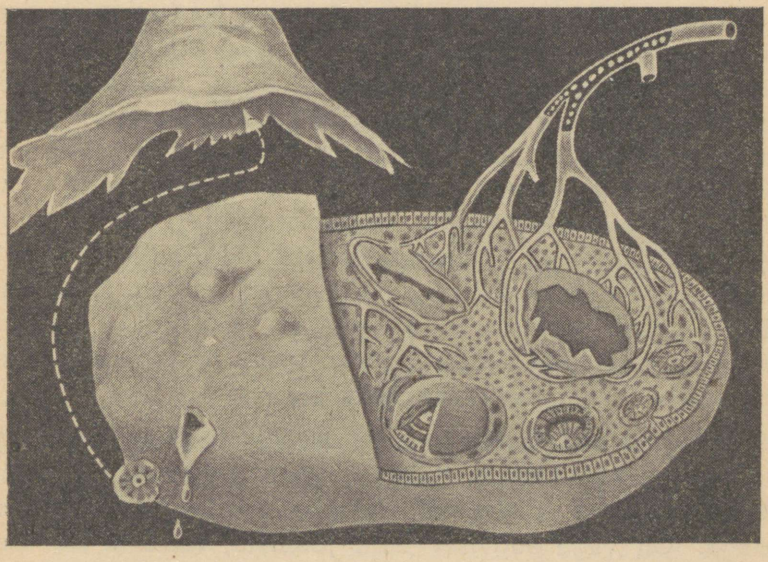
Joon. 102. Tabel-skeem „Raia ehitus".

preparaati. Kui puudub võimalus ülalmainitud tabelite valmistamiseks, peab õpetaja vastavad kavand-joonised klassitahvlil andma. Need kavandid peavad õpilased oma vihikuisse joonistama ja vastavate pealkirjadega varustama.

Jooniste allkirjad tuleb anda järgmisel kujul: „Imetaja looma raia ehitus", „Imetaja looma munasarja ehitus".

Tabeleil ja kavandeil peavad märgitud olema seemnetorukesed ja raia vahekude, munasarja koor- ja säsiollus.

Käsitelles raiga kui kaksiknääret, tuleb mainida, et seemnetorukeste rakkude talitlus seisab peamiselt spermatozoidide produtseerimises, s. o. välissekretoorses talitluses, mis õpilastel on juba teada; vahekoe rakkude tegevus avaldub aga sellest koest verre siirduvate isas-suguhormoonide produtseerimises.



Joon. 103. Tabel-skeem „Munasarja ehitus".

Raskem on X klassis anda lühikest ülevaadet munasarjade kahesugusest sekretoorsest talitlusest. Asi seisab selles, et keskkoolis ei ole võimalust ja vajadust õpilasi tutvustada munasarjade keerukate hormonaalsete seostega ja kõigi nende enam või vähem tuntud hormoonidega. Aga niipalju peab õpilastele ikkagi mainima, et munasarjad valmistavad mitut hormooni, milledest ühed valmivad näiteks põiekestes (nääpsudes), kus toimub munade küpsemine, teised — nn. kollakehades.

Juba käesoleva teema esimestel tundidel puudutati küsimust kastreerimise mõjust noorte loomade keha kujunemisele ja käitumisele.

Siin tuleb rea selgete näidete varal anda käsitus sekundaarseist sugutunnuseist. Zooloogia kursuses on õpilased tutvunud juba sugulise dimorfismi nähtustega lindudel ja imetajail [1]. Siin peab koos õpilastega valima neile tuttavaist faktidest kõige selgemad (näiteks kanalistest lindudest, isa- ja emalõvist, isa- ja emapõdrast) ja nende faktide põhjal andma pildi sekundaarseist sugutunnuseist (kuke hari, ere värvus, kannused ja saba; lõvi lakk; isapõdra sarved jne.). Tuleb tähelepanu juhtida ka inimeste sekundaarseile sugutunnuseile: ühelt poolt (meestel) habe ja vurrud, jämedam hääl, suhteliselt kitsam vaagen, massiivsemad luud, veidi suurem keskmine kasv; teiselt poolt (naistel) habeme ja vurrude puudumine, kõrgem hääl, lai vaagen, vähem massiivsed luud, natuke väiksem keskmine kasv jne.

Täienduseks õpikus toodud näiteile kanade sugunäärmete transplantatsiooni katseist tuleb nimetada Steinach'i kujukamaid ja veenvamaid katseid merisigade ja rottidega. On väga soovitav neid jooniste, tabelite või diapositiivide näitamisega illustreerida. Seejuures peab tähelepanu juhtima mitte ainult morfoloogilistele muutustele pärast transplantatsiooni, vaid ka katseloomade käitumise ja instinktide (näiteks poegade eest hoolitsemise instinkt, riiakus jne.) muutumisele.

Muide, neid küsimusi käsitelles ei tohi tarvitada ebaõnnestunud terminit (mis on toodud stabiilses õpikus) — „sugude muundumine".

[1] Antud teema puhul tuleb sugulise dimorfismi näiteid tuua ainult selgroogsete loomade juures.

Kogu õppetöö jooksul pakutud materjalist tehakse järeldus, et sugunäärmete sisesekretoorne talitlus leiab endale nähtava väljenduse isase ja emase, mehe ja naise sekundaarsete sugutunnuste kujundamises, et sugunäärmed toodavad hormoone, mis mõjuvad organismi kogu ehitusele.

Siin tuleb õpilastele jutustada mitu ajaloolist fakti, mis illustreerivad kastratsiooni usufanaatilist kasutamist inimeste suhtes. Nagu teada, säilitavad lapse-eas kastreeritud mehed ühenduses kõri ja häälepaelte kasvu lakkamisega kogu eluajaks lapse hääle. Rooma paavstid, kellel olid oma kirikukoorid ja kes soovisid neis säilitada mehi ilusate diskantide ja altidega, lasksid kastreerida poisikesi, kes omasid sääraseid hääli. Ja nii võis paavsti koorides kuulata õnnetuid täisealisi mehi ja rauku, kes kiunuvate lapsehäältega pakkusid „jumala auks" naudingut paavsti ja kardinalide kõrvadele. Kiriklased leidsid muidugi oma barbaarsusele „õigustuse". „Jumala inglid, kes kiidavad loojat, on õrnade häältega sugutud olevused. Kastreeritud poisid loetakse ingli seisusse. Kastreerimine on nendele õnneks: nad lähevad inglitena taevariiki." Nii moonutas kirik inimesi, nüristades religioossete väljamõeldistega nende teadvust.

Keskkool ei saa rea kaalutluste põhjal sugunäärmete sisesekretoorsest talitlusest õpilastele täielikumat pilti anda. Seepärast ei tule X klassi kursuses puudutada sääraseid suguhormoone, nagu follikuliin ja kollakeha hormoon. Aga võib samuti, nagu seda tehti hüpofüüsi puhul, tähendada, et sugunäärmete sisesekretoorne talitlus ei piirdu mitte ainult vormikujundavate hormoonide produtseerimisega.

Neuraalse ja humoraalse regulatsiooni vaheline seos. Lõpuks peab tegema kokkuvõtte mõnedest kõige elementaarsematest faktidest, mis illustreerivad seost füsio-

loogiliste protsesside neuraalse ja humoraalse regulatsiooni vahel. Nii tunnevad õpilased juba kilpnäärme hormooni mõju kesknärvisüsteemi talitlusele (müksödeemi ja basedovi tõve puhul); neile on tuttav ka selle hormooni mõju vegetatiivsele närvisüsteemile (kiirenenud südametegevus basedovi tõve puhul). Teiselt poolt võib õpetaja selge näite tuua närvisüsteemi mõjust neerupealiste hormonaalsele talitlusele. Psüühilise erutuse puhul suureneb adrenaliini nõristus. On kindlaks tehtud, et kui koer viia kassi juurde, siis suureneb kassil sellest põhjustatud tugeva erutuse ajal adrenaliinisisaldus veres [1], mille tagajärjeks on südametuksete sagenemine, silmaavade laienemine ja muud „viha" tunnused.

Niiviisi saavad õpilased elementaarse käsituse neuraalse ja humoraalse regulatsiooni omavahelisest seosest.

Õpperingide töö hormoonide füsioloogia alal.

Adrenaliini toime soole peristaltikasse. Kui seda katset ei saa demonstreerida klassis toimuva tööna, siis tuleb seda teha õpperingis. Katse korraldamise õpetus on antud eespool (lk. 435).

See katse on niivõrd demonstratiivne ja veenev, et seda ei tohi mingil tingimusel füsioloogiaringi tegevusest välja jätta.

Hüpofüüsi eesmise sagara hormooni toime aksolotli kasvusse. Kui katsealusele noorele aksolotlile süstida iga päev naha alla väike hulk hüpofüüsileotist (preparaadi valmistamist vt. eespool, lk. 430), siis täheldatakse temal mõne aja pärast kontrolleksemplariga võrreldes kiirendatud kasvu [2].

Seda katset on soovitav korraldada ainult füsioloogide ringis, sest see nõuab tulemuste saamiseni kaunis palju aega.

Pigmendirakkude suurenemine ja vähenemine hüpofüüsi ning neerupealiste hormoonide toimel. Meditsiinsüstlasse võetakse

[1] Vereproovis, mis sellel momendil on värativeenist võetud.

[2] Võib kasutada ka hüpofüüsi eesmise sagara valmis preparaati, mida apteekides müüakse pituitriin A nime all.

0,5 cm^3 hüpofüüsileotist 1:1000 (vt. eespool, lk. 430) ja süstitakse see konna selja naha alla (lümfiõõnde). Juba poole tunni pärast võib märgata naha tumenemist, mis seletub pigmendirakkude (melanofooride) paisumisega. Vastupidine nähtus toimub, kui konna naha alla süstida tugevasti lahjendatud adrenaliinilahust: pigmendirakud tõmbuvad kokku ja naha värvus heleneb tunduvalt.

Melanofooride kokkutõmbumisest (kontraktsioonist) ja paisumisest (ekspansioonist) selgema pildi saamiseks on soovitav valmistada konna mikroskoobilisi preparaate ja vaadelda neid mikroskoobi all.

XV. AINEVAHETUS.

Teema koht ja tähtsus.

Andes „Ainevahetusele" koha kursuse lõppteemana, rõhutab inimese anatoomia ja füsioloogia kursuse stabiilne õppekava sellega käesoleva teema erilist tähtsust: siin antakse kursuse kogu füsioloogilise materjali üldkokkuvõte.

Ainevahetus on kõige olulisemaid eluprotsessi avaldusi. „Toitumise ja eritumise teel toimuvast ainevahetusest kui valgu olulisemast funktsioonist ja temale omasest plastilisusest tulenevad kõik muud, lihtsaimad elufaktorid: ärrituvus, mis peitub juba valgu ja tema toidu vastastikuses vahekorras; kokkutõmbuvus, mis avaldub juba õige madalal astmel toidu allaneelamise puhul; kasvamisvõime, mis seisab madalamal astmel jagunemise teel paljunemises; siseliikumine, ilma milleta pole võimalik toidu allaneelamine ega assimileerimine" [1].

Õppinud tundma ainevahetuse kõiki füsioloogilisi põhiavaldusi — vereringet, hingamist, toitumist ja eritust — ning nendega seoses olevate lihaste, närvisüsteemi ja sisesekretsiooni-elundite füsioloogiat, tuleb need nüüd ühendada, siduda ja üldistada organismi ühtsa terviku mõiste alla. Inimese organismi ühtsa terviku mõiste,

[1] F. Engels, Anti-Dühring. Partei väljaanne, 1932, lk. 57—58.

temas kulgevate füsioloogiliste protsesside katkematu omavaheline seos — see on kogu kursuse juhtmõte, mis on ära tähendatud juba päris alguses ja mida on arendatud kogu kursuse ulatuses. Nüüd tuleb see juhtmõte kõrgemal, õpilaste poolt omandatud konkreetsete anatoomilis-füsioloogiliste teadmiste alusel välja arendada.

Ühes teadmiste laiendamise ja süvendamisega on antud teema läbivõtmisel tarvis X klassi kursust korrata ja kinnistada. Kordamisel, mille puhul varem õpitud materjal ainult kiirendatud korras läbi võetakse, on tavaliselt vähe tulemusi. Kord juba läbivõetud materjal ei paku õpilastele suurt huvi, kui seda ei valgustata uuesti, kui sellele ei läheneta uuest, süvendatumast vaatepunktist. Teadmiste kinnistamine võib muutuda aktiivseks protsessiks ainult tingimusel, kui teadmised leiavad uut rakendust, kui nad grupeeritakse uues seoses, kui neid tegelikult ära kasutatakse. Teadmiste kinnistamine ainuüksi endiste, šablooniliseks muutunud formuleeringute päheõppimise teel viib mõistete surnud skematiseerimisele ja ei virguta teadmiste arendamisele, süvendamisele, ei õhuta neid tõstma uuele, kõrgemale tasemele. „Ainevahetust" tuleb seepärast käsitella mitte ainult kui kokkuvõtvat ja üldistavat teemat, vaid ka kui säärast, mis anatoomia ja füsioloogia kursuse põhimomentide alusel annab võimaluse kursuse kestel omandatud teadmisi metoodiliselt õieti ja mõtestatult korrata ja kinnistada.

Mida õpilased peavad omandama. On arusaadav, et teadmised, millega käsiteldava teema läbivõtmisel kokku puutume, haaravad läbivõetud kursust kogu selle ulatuses. Millises ühenduses iga momenti temas puudutatakse, see nähtub „Metoodilistest juhenditest". Seepärast piirdume siin ainult nende teadmiste loetlemisega, mis teema puhul uutena tuleb omandada. Uusi morfoloogilisi teadmisi (anatoomilisi ja histoloogilisi) õpilased teemast „Ainevahetus" ei saa.

1. Teadmised füsioloogia alalt. Assimilatsiooniprotsess. Assimilatsioon kui aine moodustumine ja varumine rakkudes. Assimilatsioon kui potentsiaalse keemilise energia varumine. Rakkude töö selle energia arvel.

Dissimilatsiooniprotsess. Dissimilatsioon kui protsess, mis on seotud ainehulga vähenemisega rakkudes. Dissimilatsioon kui energiahulga vähenemise protsess rakkudes.

Ainevahetuse mõiste. Ainevahetuse omapära mitmesuguseis elundeis ja kudedes. Ainevahetuse tasakaal. Assimilatsiooni- ja dissimilatsiooniprotsessi vahekord mitmesuguseil eluperioodidel. Ainevahetuse häiretest põhjustatud organismi rikked.

Organismi ainevahetuse määramise peameetodid. Organism allub aine ja energia jäävuse seadusele.

Fermentide üldistatud mõiste: seede-, hapendav-taastavad ja sünteesivad fermendid. Fermentide ülesanne ainevahetuses.

Lihase töö kemism. Lihaskiu kokkutõmbumine varutud potentsiaalse energia arvel. Närvikoe talitluse kemism.

Ainevahetusprotsessi neuraalne ja humoraalne regulatsioon. Ainevahetuse neuraalse ja humoraalse regulatsiooni vaheline seos.

Antud organismi ja antud koe valkude spetsiifilisus. Elu kui valkaineie olemasolu vorm.

2. Teadmised füüsika ja keemia alalt. Energia. Potentsiaalne ja kineetiline energia. Potentsiaalse energia muundumine kineetiliseks ja vastupidi. Keemiline energia, potentsiaalne ja kineetiline. Keemilise energia muundumine teisteks energialiikideks. Soojusenergia. Mehaaniline energia.

Aine ja energia jäävuse seadus.

Ammoniaak. Kusinik. Kusiniku süntees ammoniaagist ja süsihappegaasist. Piimhape.

Teema läbivõtmise plaan. Teemat on otstarbekohane läbi võtta säärases järjekorras: 1. Organismi kogu-ainevahetus. 2. Vahe-ainevahetus. 3. Aine ja energia jäävuse seadus organismis.

Alateemade läbivõtmise aja võib jaotada umbes järgmiselt: alateemale „Organismi kogu-ainevahetus" 2—3 tundi, alateemale „Vahe-ainevahetus" 2—3 tundi ja alateemale „Aine ja energia jäävuse seadus organismis" 2—3 tundi.

Metoodilisi juhendeid.

1. Organismi kogu-ainevahetus.

Loengulise iseloomuga sissejuhatavat õppetööd alustatakse lühikese ülevaatega kursuse läbivõetud osadest. See ülevaade tuleb anda säärasel kujul, et sellest nähtuks elundsüsteemide füsioloogiliste funktsioonide omavaheline kokkukuuluvus, et sellest peegelduksid vastu need seosed ja vahekorrad, millede keerukad kombinatsioonid tingivad organismi ühtsa terviku.

Näitlikest õppevahendeist tuleb ettekande ajal kasutada tabel-skeeme: vere- ja lümfiringe, närvisüsteem, vegetatiivne närvisüsteem, sisesekretsiooni-näärmete asetus. Peale selle on vajalikud tabel, mudel ja preparaadid teema kohta „Veri ja vereringe". Viimane on tähtis sellepärast, et sissejuhatav õppetöö annab palju materjali vere- ja lümfiringe elundite anatoomia ja füsioloogia meenutamiseks ja kordamiseks.

Lühikese ettekande sisu kokkuvõte võib olla umbes järgmine.

Sisekeskkond ja kudede rakud. Oleme senini tutvunud vere ja vereringega, hingamise, toitumise ja eritusega, luude ja lihaste süsteemi, närvisüsteemi ja sisesekretsiooni-näärmete tööga. Püüame nüüd lühidalt jälgida, kuidas kõik need organismis kulgevad protsessid isekeskis on seotud.

Teame, et kõigi elundite koed koosnevad rakkudest. Mäletame, et organismi iga rakk puutub vahetult kokku lümfiga, on ümbritsetud lümfist, elab lümfis; et lümf on see osa organismi vedelast sisekeskkonnast, mis alatiselt tungib sisekeskkonna teisest osast, verest, läbi igal pool meie kehas harunevate kapillaaride seinte kudedevahelistesse piludesse ja vahedesse.

Teame samuti, et igas elavas rakus toimuvad põhilised eluprotsessid: rakud võtavad neid ümbritsevast sisekeskkonnast vastu mitmesuguseid aineid, nad täidavad organismis mitmesuguseid funktsioone (töötavad), eritavad organismi sisekeskkonda oma lagunemis- ja hapendumissaadusi. Rakud saavad aineid vahetult lümfist; vahetult sellesse nad eritavad ka oma elutegevusprodukte — lagunemis- ja hapendumissaadusi.

Kust tulevad lümfi ained, mida kudede rakud vajavad? Teame, et verest: täieneb ja uueneb ju lümfi koostis verest läbi kapillaaride seinte püsivalt. Kuhu jäävad aga lagunemis- ja hapendumissaadused, mis kogu aja kudede rakkudest lümfi kanduvad? Kuidas vabaneb lümf neist? See on meile samuti juba teada: ühelt poolt siirduvad need produktid läbi kapillaaride seinte verre, teiselt poolt mäletame, et lümf koguneb lõpuks lümfisoontesse, mis viivad teda vereringesüsteemi, s. o. uuesti verre.

On selge, et veri kaotab niisugusel juhul mitmeid aineid, mis sisalduvad tema plasmas (toitained, hormoonid) ja erütrotsüütides (hapnik); teiselt poolt saab ta järjest juurde lagunemis- ja hapendumissaadusi — süsihappegaasi, kusinikku, kusihapet jm. —, teda „koormatakse" nendega.

Aga meie mäletame, et veri säilitab organismis oma koostise konstantsuse. Kuidas see toimub? Toitainete tagavarad veres täienevad ja uuenevad seede-elundite kaudu, normaalne hapnikuhulk saadakse hingamiselundite vahendusel; vere vabanemine lagunemis- ja hapendumissaadustest teostub erituselundite — neerude, naha ja kopsude abil.

Toit, mis tuleb seede-elundeisse, seeditakse, s. o. ta muutub mehaaniliselt ja keemiliselt. Toitainete keemilise töötlemise saadused, s. o. nende lõhustumissaadused,

lähevad soolte hattude kaudu vere- ja lümfivoolu, kus nad keha kõigi elundite rakkudele edasi antakse. Ühtlasi uuendab veri kopsumullikestes alatasa oma hapnikutagavara. Lagunemis- ja hapendumisprotsesside saadused, mida lümf ja pärast ka veri on rakkudelt saanud, erituvad neerude, naha ja kopsude kaudu.

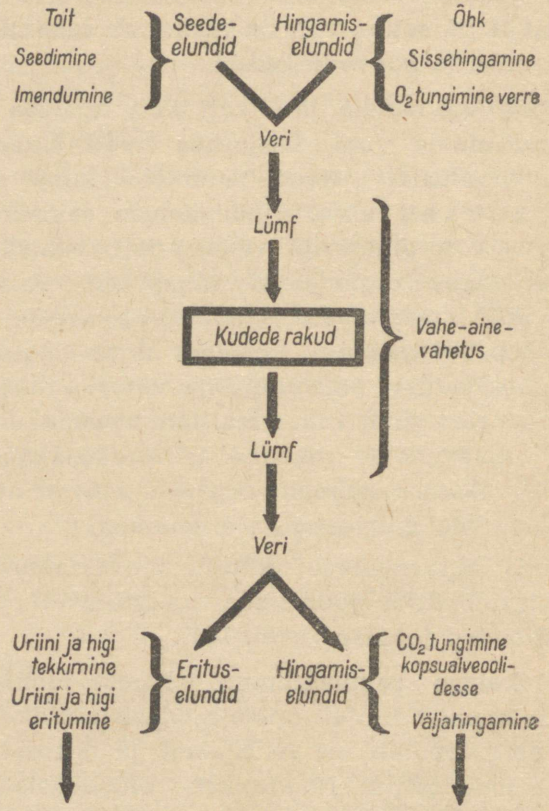
Ainevahetuse mõiste. Järelikult läbib inimese keha katkestamatult ainete vool, kusjuures need ained alluvad pidevaile muutustele. Need muutused koos moodustavadki a i n e v a h e t u s e. Ainevahetuse esimene järk on ainete vastuvõtt organismi väljastpoolt, viimane järk — nende eritamine organismist väljapoole. Ainevahetuse esimene järk lõpeb ainete saabumisega verre (imendumine ja kopsuhingamine), viimane algab lagunemis- ja hapendumissaaduste äraandmisega verest erituselundeile. Esimese ja teise järgu vahemikul toimuvad rakulised protsessid — ainevahetus rakkude ja sisekeskkonna vahel. Sellel ainevahetuse vahelmisel järgul teevad need ained läbi pideva rea mitmesuguseid muutusi.

Et seda ainevahetuse üldpilti ülevaatlikumaks teha, võib õpilastel lasta joonistada klassitahvlilt oma vihikuisse järgmise joonise (joon. 104).

Ainevahetuse reguleerimine. Pärast joonistamist ja skeemi seletamist siirdub õpetaja edasiste üldkokkuvõtete juurde ning peatub närvisüsteemi ja sisesekretsiooninäärmete füsioloogial. Nende kahe elundsüsteemi üheks põhiliseks funktsiooniks on — ainevahetuse reguleerimine.

Õpetaja illustreerib seda klassi osavõtul näidetega. Säärasteks näideteks võivad antud juhul olla: 1) vegetatiivse närvisüsteemi reflektoorne mõju seede-elundite talitlusele (sülje nõristumine, maomahla nõristumine, mao ja soolte peristaltika) ja hingamis- ning vereringe-elundite

süsteemi tegevusele (sisse- ja väljahingamine, südame kokkutõmbed, kapillaaride ahenemine ja laienemine); 2) endokriinsete näärmete hormoonide humoraalne mõju



Joon. 104. Kogu-ainevahetuse skeem.

samade elundsüsteemide talitlusele (mao ja soolte mahlanõristusele, hingamisliigutustele, südame ja soolte tegevusele). Siinsamas rõhutatakse, et nende kahe reguleeriva süsteemi kudede rakkudes toimuvad samasugused

ainevahetusprotsessid, nagu keha kõigi teistegi elundite kudede rakkudes, et reguleerimistegevus ise on seotud üldise ainevahetusega, et ta sõltub sellest. Nagu õpilased juba teavad, on reguleerivate süsteemide elundite tegevus tõepoolest võimalik toitainete ja hapniku juurdevoolu tingimusel nende elundite kudedesse ja lagunemisning hapendumissaaduste äravoolu tõttu neist.

Niiviisi annab õpetaja õpilastele juba tuttava materjali põhjal ühelt poolt lühikese ülevaate kogu-ainevahetusest ja teiselt poolt pildi funktsioonide omavahelisest seosest ja koostööst organismi ühtsas tervikus.

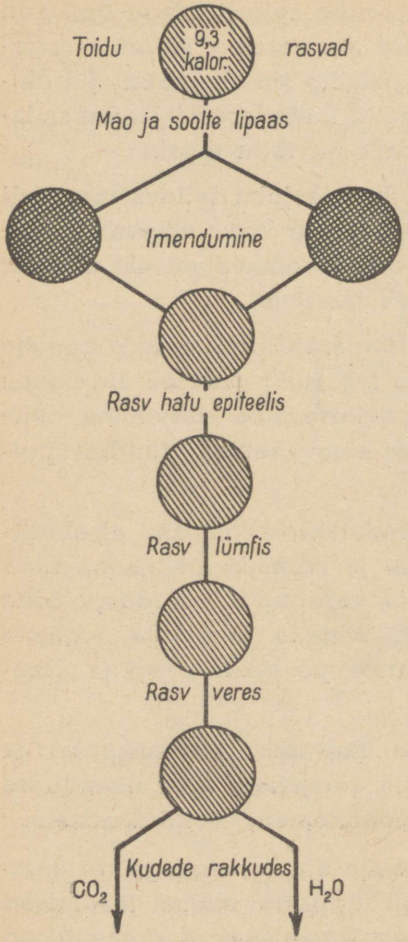
Sissejuhatava loengulise õppetöö lõpul annab õpetaja käesoleva teema alal edasise töö jaoks säärase üldplaani: esiteks kogu-ainevahetusega tutvumine tervikuna, siis vahe-ainevahetuse ehk koe-ainevahetuse tundmaõppimine.

Tunnist ülejääv aeg pühendatakse organismi sisekeskkonna käsituse uuendamisele ja mõnede põhimomentide kordamisele teemast „Veri ja vereringe". Koduse tööna lastakse õpilastel õpikus ja vihikus leiduvate jooniste ning üleskirjutuste järgi korrata peatükki „Veri ja vereringe".

Teine tund pühendatakse rasvade-, süsivesikute- ja valkude-ainevahetuse üldisele ülevaatele ning ühenduses sellega teema „Toitumine" põhimomentide kordamisele.

Rasvade-ainevahetus. Õpetaja alustab sellega, et elustab suunavate küsimuste abil õpilaste mälus teadmised inimese organismi keemilisest koostisest: anorgaanilised ained (vesi — umbes 70% kehakaalust, anorgaanilised soolad — umbes 5%) ja orgaanilised ained (peamiselt rasvad, süsivesikud ja valgud — kokku umbes 25% kehakaalust). Orgaanilistel ainetel on organismis füsioloogili-

selt domineeriv tähtsus ja seepärast on väga oluline jälgida nende muundumist organismi ainevahetuses.



Joon. 105. Rasvade-ainevahetuse skeem.

Otstarbekohane on alustada ainevahetuse nähtustega, mis on seotud rasvade muundumisega organismis — rasvade-ainevahetusega kui kõige vähem keerukaga. Klass mäletab, et rasvad, olles toiduga seede-elundeisse jõudnud, lõhustatakse rasvafermentide (lipaas) toimel kaksteistsõrmiksooles ja teistes sooltes (osalt ka maos) glütseriiniks ja rasvhappeiks; et lõhustumissaadustest sünteesitakse hattude kaudu imendumisel juba hattude epiteelis tillukesed rasvatilgakesed; et need rasvatilgakesed juhitakse soole hattude lümfisoolekestesse ja sealt keskmete lümfisoonte kaudu rinna lümfijuhasse; et rinnajuha suubub ülemise tühiveeni süsteemi ja rasvatilgakesed kantakse sellega üldisesse verevoolu. Kogu seda teed tuleb jälgida seede-elundite ja vere- ning lümfiringe tabeleil.

Verekapillaarides tungivad rasvatilgakesed plasmast kudede lümfi, kus nad imendatakse kudede rakkude poolt. Seepärast leidub kudede rakkudes rasva. Kuid mõnede kehapiirkondade sidekoe rakkudesse koguneb rasva säärasel hulgal, et enamikus neis rakkudes protoplasma peaaegu täiesti kaob ja moodustuvad sidekoeliste rasvarakkude kogumikud (kõhuõõne suurrasvik, nahaalune sidekude, luuüdi, neerusid ümbritsev sidekude jne.)[1]. Toidu puudumisel või rasvavaese toiduga toitumisel kasutab organism neid rasvakogumikke, mistõttu need aegamööda vähenevad.

Rasvade energeetiline väärtus. Jälgides ainevahetuse üldprotsesse, tuleb juba algusest peale ära märkida temaga paralleelselt kulgeva energiavahetuse põhijooned. Rasvade-ainevahetuse küsimuse juurde asub õpetaja järgmisel viisil. Õpilased teavad juba teemast „Eritus", et rasvad alluvad organismi elutegevusprotsessis lagunemisele ja hapendumisele, mille tulemusena tekivad H_2O ja CO_2. Needsamad ained tekivad rasvade täielikul ärapõlemisel keemialaboratooriumis.

Kui lasta rasval erilises kalorimeetris[2] täielikult, s. o. kuni H_2O-ni ja CO_2-ni ära põleda, siis saadakse 1 g rasva kohta üle 9 suure kalori soojust (9,3 suurt kalorit Rubner'i järgi), ja organism saab rasvade lagunemise tulemusena iga grammi rasva kohta energiahulga, mis võrdub 9 suure kalori soojusega. Iga gramm soolestikust imendunud rasva annab organismile üle 9 suure kalori energiat.

Süsivesikute-ainevahetus. Siirdudes süsivesikute-ainevahetuse käsitlemisele juhib õpetaja õpilaste tähelepanu

---

[1] Küsimust koe rasvväärastusest võib sellel õpetamisjärgul käsitella säärasel lihtsustatud kujul.

[2] Kalorimeetrit ja kalorimeetrilisi arvutusi tunnevad õpilased VI ja VII klassi füüsika kursusest.

seede-elundite klassitabelitele, vere- ning lümfiringe ja värativeeni vereringe skeemidele. Küsitlemise teel elustatakse õpilaste mälus, kuidas süsivesikud seedesüsteemis fermentide (sülje ptüaliini ja maltaasi, kõhunäärme- ja soolemahla diastaatilise fermendi ning maltaasi [1]) toimel glükoosiks [2] lõhustuvad; meenutatakse, et glükoos kandub hattude kaudu imendudes veresoontesse, mis suubuvad värativeeni süsteemi; et värativeen moodustab maksas kapillaaride võrgu ja et siin, maksa rakkudes, sünteesitakse glükoosist loomne tärklis — glükogeen.

Eelmise teema puhul („Sisesekretsioon") õpilased nägid, millist osa selles sünteesis etendab kõhunäärme hormoon insuliin, sellesama teema puhul tutvusid nad ka neerupealiste säsiolluse hormooni — adrenaliini osaga glükogeeni lõhustamisel glükoosiks [3]. Meenutanud nende hormoonide koostööd, tuleb uuesti rõhutada nende osa vere koostise konstantsuse (0,12% glükoosi) säilitamisel.

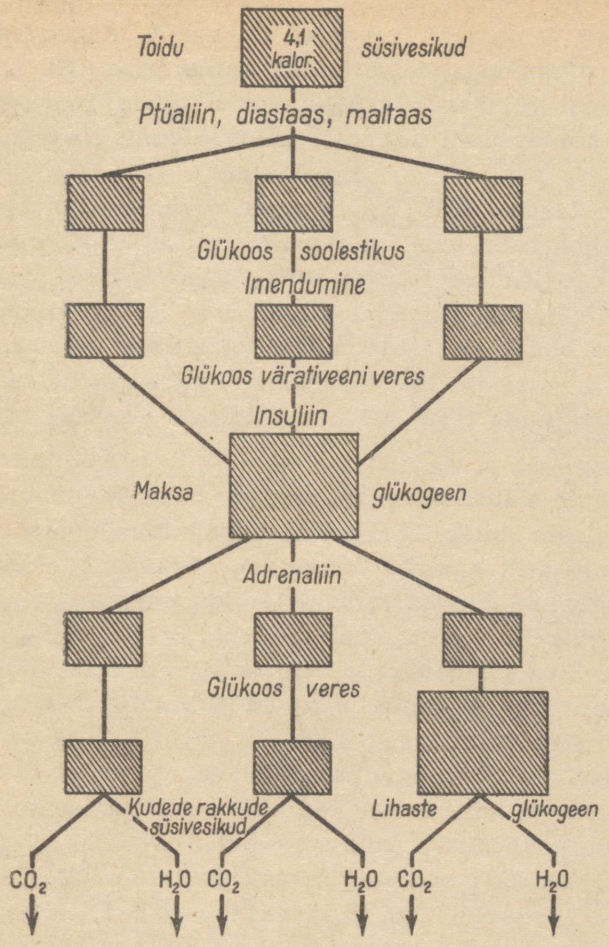
Seoses sellega tehakse õpilastele teatavaks uus fakt: glükogeeni süntees vere glükoosist toimub hormoonide mõjul mitte ainult maksa rakkudes, vaid ka lihaskoes; seal (lihaskiududes) toimub ka glükogeeni salvestumine.

Rõhutanud niiviisi hormoonide osa süsivesikute-ainevahetuses, siirdub õpetaja süsivesikute-ainevahetuse energeetika käsitlemisele. Samasugusel viisil, nagu ta seda tegi rasvade-ainevahetuse käsitlemisel, juhib ta õpilaste tähelepanu sellele, et täielikul ärapõlemisel kalorimeetris annab 1 g süsivesikuid 4,1 suurt kalo-

[1] Ja teiste fermentide toimel, mis lõhustavad disahhariide.

[2] Ja mõnedeks teisteks monosahhariididekś.

[3] Teiste hormoonide (näiteks hüpofüsaarsete) osast süsivesikute-ainevahetuses ei tarvitse keskkoolis kõnelda.



Joon. 106. Süsivesikute-ainevahetuse skeem.

rit energiat; et süsivesikute lagunemisel ja hapendumisel organismis kuni H_2O-ni ja CO_2-ni saab organism 1 g süsivesikute kohta samasuguse hulga energiat.

Siinsamas võib õpilastele meenutada fakti, mis neile on tuttav teemast „Toitumine": rasvad ja süsivesikud võivad organismis teineteiseks muunduda. Nii näiteks võime seal või hanel esile kutsuda suure rasva-salvestumise, söötes neid rohkesti süsivesikuid sisaldava toiduga.

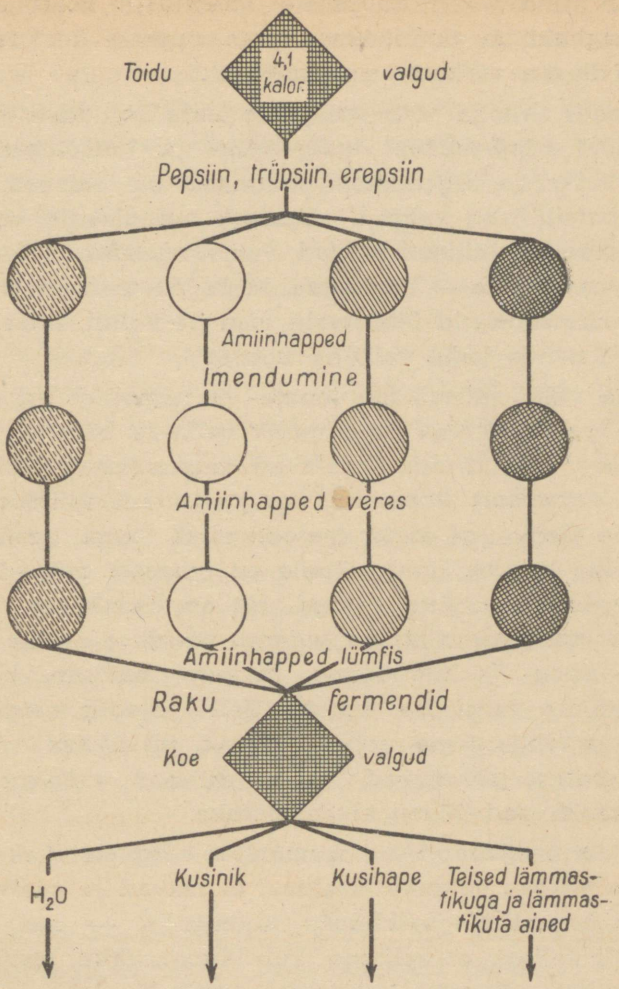
Nagu teada, võib ka inimese organismis juhul, kui kasutatakse toitu, mis on rasvavaene, aga süsivesikuterikas ning sisaldab teatava hulga valke (vt. allpool), toimuda intensiivne rasva moodustumine ja salvestumine.

Koera söötmisel toiduga, mis ei sisalda süsivesikuid, toimub maksas ja lihastes ikkagi glükogeeni salvestumine, kusjuures glükoosi protsendiline sisaldus veres ei lange.

Valkude-ainevahetus. Siirdudes valkude-ainevahetuse käsitlemisele tuleb kõigepealt uuesti tähelepanu juhtida valkainete eriti suurele tähtsusele organismi elutegevuses, sellele, et „elu on valkainete olemasolu vorm", et elavad valgud on ainevahetuse aluseks, s. t. et nad on pidevas koostöös väliskeskkonnaga ja et nad oma keerukuse ning muutlikkuse juures omavad tohutuid arenemise ja muundumise võimalusi.

Õpilastele tuleb meelde tuletada, et valkude molekulid omavad haruldaselt keerukat struktuuri ja et nende molekulide koostisse kuuluvad peale C, O ja H, mis on omased ka süsivesikute ja rasvade molekulidele, veel alati N, peaaegu alati S ja väga sageli P, Fe ja muud elemendid. Aga kui keerukad ka valkude molekulid oleksid, nende lõhustumise[1] lõppsaadusteks seede-elundeis on alati keemiliselt koostiselt ja ehituselt võrdlemisi

[1] Aga mitte lagunemise ja hapendumise lõppsaadusteks. Lagunemisel ja hapendumisel läheb valkude molekulide destruktsioon hoopis kaugemale ja tulemusena saadakse H_2O, CO_2, NH_3, H_2S jne.



Joon. 107. Valkude-ainevahetuse skeem.

lihtsad amiinhapped. Erisuguseid amiinhappeid on arvult kuni 20, aga nende ühendeid on mitmesuguste valkude molekulides ääretu hulk. Säärane ühendite hulk

seletub mitte ainult hulgaliste keemiliste kombinatsioonidega, vaid ka amiinhapete mitmesuguste ühinemisviisidega valkude molekulides[1].

Seoses sellega võib õpilastele anda kujutluse valkude liigilisest eripärasusest. Igale taim- ja loomorganismile, igale liigile orgaanilises looduses on omased teatavad spetsiifilised valgud. Inimese organismile on omased tema spetsiifilised valgud, veise organismile — omad, kana organismile — omad jne. Mida lähemad on loomade (või taimede) liigid üksteisele oma päritolult, seda sarnasem on nende keha valkude koostis.

Aga vähe sellest, iga looma- ja taimeliigi organismis on ka igal koel oma iseloomulik valkude koostis. Rohkearvulised valgud, mis kuuluvad organismi, näiteks inimese organismi koostisse, grupeeruvad mitmesuguste kudede järgi; iga kude iseloomustab tema spetsiifiline valguline koostis; igale koele on omased mõned ainult temale iseloomulikud valgud. Nii on lihaskoele omased mõned tema spetsiifilised valgud, närvikoele jälle omad; sülje-, kõhu- ja kilpnäärme kudede rakkudel on oma spetsiifiline valguline koostis. Selle asjaolu selgitamine on väga tähtis: ilma selleta jäävad nii üldise valkude-ainevahetuse küsimused kui ka mitmed vahe-ainevahetuse küsimused täiesti arusaamatuks.

Pärast äsjatähendatud momentide selgitamist saab õpilastele esiteks selgeks järeldus, et rasvad ja süsivesikud ei või organismis valkudeks muunduda, — see selgub kas või sellest, et valkude kui lämmastikku sisaldavate orgaaniliste ühendite koostisse kuulub N, mida ei sisaldu rasvade ja süsivesikute koostises, hoopis kõnelemata ele-

[1] On väga soovitav, et õpetaja kas või mõne sõnaga iseloomustaks valkude kunstliku sünteesi küsimust (Emil Fischer'i ja tema koolkonna, NSV Liidu akadeemiku Bach'i jt. tööd).

mentidest S, P jt.; teiseks mõistavad õpilased väga hästi, et organismis alatisele lagunemisele ja hapendumisele kuuluvate valkude täienemine on võimalik samuti ainult valgulise toidu arvel, et ilma valgulise toiduta, ilma selle teatava ööpäevase miinimumita toimuvad inim- ja loomorganismis nii suured ainevahetuse häired, et need viimaks toovad surma.

Antud teadmiste põhjal võib siirduda üldisele valkude-ainevahetuse käsitlemisele. Tabeleid kasutades uuendatakse õpilaste mälus eelmisest kursusest teada olevad järgmised momendid: valkude järkjärguline lõhustumine seede-elundeis amiinhappeiks (maomahla pepsiin — albumoosid ja peptoonid, kõhunäärmemahla trüpsiin — amiinhapped) ja amiinhapete imendumine hattude kaudu veresängi.

Läbides maksa värativeeni kapillaare, kus ühest osast amiinhappeist sünteesitakse valgud, kandub suurem osa amiinhappeid suure vereringe soonte kaudu kõigi elundite kudedesse. Siit imenduvad amiinhapped läbi kapillaaride seinte koemahla, kust nad tungivad kudede rakkudesse. Valkude süntees toimub kohapeal, kudede rakkudes, eriliste fermentide osavõtul, mida need rakud produtseerivad. Siin rakkudes sünteesitaksegi spetsiifiliste fermentide toimel spetsiifilisi koevalke.

Nagu õpilased teemast „Eritus" juba teavad, saadakse valkude lagunemis- ja hapendumisprotsesside tulemusena kudedes NH_2 ja CO_2, fosfor- ja väävelhappesoolasid ning teisi lämmastikuga ja lämmastikuta aineid, mis rakkudest koemahla kaudu verre kanduvad. Maksas tekib NH_2-st ja CO_2-st kusinik. Valkude lagunemis- ja hapendumissaadused erituvad organismist neerude ja naha

kaudu (kusinik, kusihape, ammoniaak, soolad, vesi), samuti kopsude kaudu (CO_2 ja H_2O).

Lõpuks on vaja veidi peatuda valkude energeetilisel väärtusel. Tuleb jutustada, et valkude põlemisel kalorimeetris annab iga gramm valke keskmiselt 6 suurt kalorit soojust, organism kasutab aga sellest ära ainult 4,1 suurt kalorit. Asi seisab selles, et kusinik ja kusihape omavad veel kaunis suurt soojuse tekitamise võimet: nad on võimelised hapenduma ja põlemisel teatavat hulka soojust andma.

Tulemusena saab organism igast lagunemisele ja hapendumisele kuuluvast valgu grammist mitte kõik 6 suurt kalorit, vaid vähem (6 suurt kalorit miinus soojus, mis lahkub kusiniku ja kusihappega).

Soolade- ja vee-ainevahetus. Vitamiinid. Nüüd meenutab õpetaja mõne sõnaga, et ainevahetusprotsessist võtavad osa ka ained, mis ei sisalda energiavarusid — need on vesi ja mõned anorgaanilised soolad (näiteks NaCl). Vee puudumisel algab väga kiiresti ja mõnede anorgaaniliste soolade puudumisel pikema aja järel koguainevahetuse häire, mis võib lõppeda surmaga (näiteks janusurm). Erilise rühma ainete hulgas, mis ei oma energiavarusid, aga mis etendavad väga tähtsat osa koguainevahetuses, moodustavad vitamiinid, mida õpilased ühenduses teemaga „Toitumine" juba tundma on õppinud. Vee- ning soolade-ainevahetusel ja vitamiinidel ei tule siinkohal eriliselt peatuda.

Kogu-ainevahetuse küsimuste käsitlemise võib lõpetada rasvade-, süsivesikute- ja valkude-ainevahetuse skeemide tahvlile joonistamise ja läbiarutamisega (joon. 105, 106 ja 107).

Kui kolmanda töötunni lõpuks veidi aega üle on jäänud, siis võib korrata mõningaid põhimomente teemast „Toitumine". Seejuures tuleb muidugi ära kasutada kõik

selle teema kohta olevad klassitabelid ja muud õppeabinõud. Koduse ülesandena peavad õpilased raamatu ja vihikuisse tehtud jooniste ning üleskirjutuste järgi kordama peatükki „Toitumine".

2. Vahe-ainevahetus.

Ainevahetusprotsessi keskseks momendiks on vahe-ainevahetus, s. o. ainevahetus kudede rakkudes. Kui kogu-ainevahetuse põhietappide jälgimine ei tekita erilist raskust, kuna selleks varem läbivõetud kursuses on küllalt tugipunkte, siis vahe-ainevahetuse nähtuste käsitlemisel tekivad üsna tunduvad raskused. Peamised raskused on siin kolme liiki: ühelt poolt tuleb orienteeruda protsessides, mida meil keskkooli oludes ei ole võimalik näitlikult illustreerida, teiselt poolt tuleb toetuda reale puudulikele teadmistele füüsikast ja keemiast, ja lõpuks kolmandaks — vahe-ainevahetuse küsimused on füsioloogilise uurimise kõige keerukamad alad.

Endastmõistetavalt saab vahe-ainevahetuse füsioloogiat keskkoolis käsitella väga skemaatiliselt ja lihtsustatult, kõige üldjoonelisemalt.

Enne kui siirduda nende üldkokkuvõtete juurde, mis on märgitud programmis ja esitatud stabiilses õpikus — ja need üldkokkuvõtted on väga laialdased ning nõuavad õpilastelt põhjalikku sünteetilist mõttetööd —, tuleb toetuda teatavale enam-vähem konkreetsele materjalile, mõnedele näidetele. Kõige kujukamaks näiteks on ainevahetusprotsessid lihaskius. Säärase näite varal võib illustreerida assimilatsiooni- ja dissimilatsiooniprotsesse ning nende omavahelist seost ja vahekorda, näidata assimileerunud ainete potentsiaalse energia üleminekut kineetiliseks energiaks, arendades niiviisi välja käsituse vahetusest kui aine- ja energiavahetusest. Toetudes säära-

sele konkreetsele näitele ja kinnistades seda rea teiste näidetega, võib teha üldistava iseloomuga järeldusi, mis annavad selge käsituse organismist kui ühtsast tervikust, milles seaduspäraselt kulgeb hulk üksteisega ühenduses olevaid füsioloogilisi protsesse, mis alluvad üldisele looduseseadusele — aine ja energia jäävuse seadusele.

Aine- ja energiavahetusest antakse ülevaade loengu näol. Tunni ajal demonstreeritakse klassitabeleid: vööt- ja silelihaste ehitust ning lihaskiu ehitust.

Lihase töö. Kõigepealt on vaja õpilaste mälus värskendada nende teadmisi luustiku- ja vistseraallihaste anatoomilisest ja histoloogilisest ehitusest (vt. teema „Luude ja lihaste süsteem") ning meenutada katseid lihastega: lihas võib kokkutõmbumisel sooritada mehaanilist tööd (näiteks raskuse tõstmine), seda tööd võib mõõta kilogramm-meetreis (koormus × tema tõstekõrgus). Tuleb uuesti tähelepanu juhtida sellele, et lihase jõud (suurim koormus, mida lihas suudab tõsta) sõltub tema ristilõikepinnast, s. o. lihaskiudude hulgast, mis kuuluvad tema koosseisu, kusjuures lihase jõud inimese kakspealihase 1 cm^2 ristilõigu kohta võrdub keskmiselt 11 kg-ga (konna *m. gastrocnemius'e* kohta vastavalt 1,8 kg). Viimaks tuleb meenutada seda, et lihase kokkutõmme on kõigi tema koosseisu kuuluvate kiudude kokkutõmbumise tulemus ja et lihase tööd tuleb mõista kui tema kiudude töö summat.

Kui lihaskiud on võimeline tööd sooritama, siis tekib loomulikult küsimus: kus on see energiaallikas, mille arvel iga lihaskiud seda tööd sooritab?

Lihase energia ja ärrituse energia vahekord. Meenutanud katseid isoleeritud lihasega või korranud neid isegi demonstreerimise teel tunnis (vt. teema „Luude ja lihaste

süsteem"), on väga kerge teha järgmine tähtis järeldus: lihas võib sooritada tööd, mis mitu korda ületab tema ärritamiseks tarvitatud töö, s. o. energia hulk, mis ilmneb lihase töö juures, võib olla hoopis suurem iga tema ärrituse jaoks tarvitatud energia hulgast.

Et õpilased oskaksid seda fakti mõtestada ja edaspidi kasutada, võib tuua säärase kujuka näite. Lõhkeainete abil võime saada suuri hulki kineetilist energiat. Selleks aga, et näiteks mitu kilogrammi püssirohtu või ammonaali õhku lasta, on küllalt väikesest sädemest. Ammonaali plahvatus on muidugi suuteline mitu korda suuremat tööd sooritama, tema plahvatusel ilmneb mitu korda rohkem energiat, kui oli kulutatud plahvatust põhjustava elektrisädeme saamiseks. Teiste sõnadega, jätkub kõige vähemast energia kulust selleks, et toimuksid kogu ammonaali hulga plahvatuse momentaansed keemilised protsessid, s. o. ammonaali potentsiaalse keemilise energia muundumine kineetiliseks, mis avaldub tohutus mehaanilises töös — püssirohu hävimises — ja plahvatuse puhul tekkivas soojuses.

Lihase üksikkokkutõmbe ja ühtlasi iga tema kiu kokkutõmbe puhul teostub viimases rida keemilisi lagunemis- ja hapendumisprotsesse. Normaalseis tingimustes olevale lihasele, s. o. lihasele, mis asetseb inimese elavas organismis, on keemilisi protsesse algatavaks „sädemeks" närvierutus. Ka sel juhul, nagu püssirohu plahvatusegi puhul, avaldub lihase tegevus nii mehaanilises töös, näiteks koormuse tõstmises, kui ka soojuse tootmises. Tõepoolest, lihase tegevusega kaasneb soojuse hulga suurenemine inimese kehas. Igaühele on teada, et lihase intensiivse töö puhul (näiteks puuraiumisel või raskuste kandmisel) keha tunduvalt soojeneb.

Lihase keemiline koostis. Nüüd asetatakse küsimus järgmiselt: millised keemilised protsessid võivad kokkutõmbumise ajal lihases toimuda? Selleks on kõigepealt vaja teada, missugused ained kuuluvad lihaskiu koos-

seisu. Paljude teadlaste töö tulemusena on kindlaks tehtud, et lihase üldine keemiline koostis on keskmiselt järgmine: vett 75,5%, tahkeid aineid 24,5%.

Tahkeist aineist langeb anorgaaniliste soolade arvele 1% ja orgaaniliste ainete arvele 23,5%.

Lihase orgaanilised ained on järgmised:

1. Valgud — neist on spetsiifilisi lihasevalke kaks [1].

2. Süsivesikud — peamiselt glükogeen (n $C_6H_{10}O_5$), väga väikesel hulgal glükoosi, piimhapet jm.

3. Rasvad — väga vähe.

4. Lämmastikained — suuremalt osalt valgulise päritoluga [2].

Need andmed lastakse vihikuisse kirjutada.

Siinsamas juhib õpetaja tähelepanu sellele, et lihase energiaallikaks on lämmastikained ja süsivesikud.

Lihase keemilise dünaamika mõiste. On endastmõistetav, et pole mingit võimalust anda kujutlust füsioloogiliste teadmiste praegusest seisundist lihase dünaamika tähtsamate küsimuste alal, aga selleks pole keskkoolis ka mingit vajadust. Meie ülesandeks on ju ainult anda konkreetne kujutlus sellest, et lihaskius toimuvad lagunemis- ja hapendumisprotsessid, mis on lihase energiaallikaks. Seda võib jutustada näiteks järgmisel viisil.

Paljude teadlaste [3] töödega, mis jätkuvad ka tänapäeval, on kindlaks tehtud, et lihaskius toimuvad tema kokkutõmbumisel järgmised keemilised protsessid.

---

[1] Müosiin (25%) ja müogeen (75%).

[2] Neist on kõige tähtsamad fosfageen (kreatiin-fosforhape).

[3] Fick ja Wislicenus, Atwater, Fletcher ja Hopkins, Hill, Meyerhof, Verzar, Embden, Harden, Young, Vroblevski, Egleton'id, Lundesgaard jt.

1. Alguses toimub lihaskiu lämmastikaine [1] lagunemine, mis teostub hapniku osavõtuta. See lagunemine, mis kestab tuhandikke sekundeid (midagi plahvatuse taolist), kulgeb erilise fermendi toimel, mis tekib kius temani ulatuva närvierutuse mõjul. Selle lagunemise puhul muutub lämmastikaine potentsiaalne keemiline energia osalt vahetult kiu kokkutõmbumise tööks, osalt — soojuseks.

2. Otseteed esimesele faasile järgneb teine, samuti tuhandikke sekundeid kestev faas, mille kestel niisama hapniku osavõtuta ja fermendi kaasabil toimub glükogeeni lagunemine piimhappeks [2].

3. Kolmandas faasis hapendub (samuti eriliste fermentide osavõtul) osa piimhapet vere poolt kättetoimetatud hapniku mõjul kuni H_2O-ni ja CO_2-ni, kuna teine osa sünteesub tagasi lihase glükogeeniks. Sellel, ka väga lühikesel faasil toimub samuti soojuse tootmine, aga see on juba hapendumise soojus. Et lihastes toimuvatest keemilistest lagunemis- ja hapendumisprotsessidest võtavad osa fermendid, nähtub kas või sellest, et need protsessid kulgevad madalal temperatuuril ja peaaegu momentaanselt [3].

---

[1] Fosfageeni lagunemine kreatiiniks ja fosforhappeks.

[2] Glükogeeni lagunemisenergia kulub fosfageeni „taastamiseks" (resünteesiks).

[3] Kogu keemilist muundumisprotsessi lihase kokkutõmbumisel ja lõtvumisel kujutab Meyerhof järgmiselt:

1) Anaeroobne lõhustumine — $5(C_6H_{10}O_5)n + 5H_2O + 8H_3PO_4 \rightarrow$ $\rightarrow 4C_6H_{10}O_4(H_2PO_4)_2 + C_6H_{12}O_6 + 8H_2O \rightarrow 8C_3H_6O_3 + 8H_3PO_4 +$ $+ C_6H_{12}O_6$ ja 2) hapenduv resüntees — $8C_2H_6O_3 + 8H_2PO_4 +$ $+ C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 4(C_6H_{10}O_4)(H_2PO_4)_2 + 6CO_2 + 14H_2O \rightarrow$ $\rightarrow \underbrace{4(C_6H_{10}O_5)n}_{\text{glükogeen}} + 8H_3PO_4 + 6CO_2 + 10H_2O.$

Kaks esimest faasi on lihase töö faasid, kolmas on puhkefaas. Esimesel kahel faasil kulub lagunemisenergia lihase kokkutõmbetööle, kolmandal faasil toimub osa piimhappe resüntees glükogeeniks, teine osa hapendub kuni H_2O-ni ja CO_2-ni ning lihas vabaneb niiviisi vere kaudu küllaldase hapniku saamisel piimhappest. CO_2 ja H_2O lähevad verre ja eemaldatakse siis erituselundite kaudu.

Dissimilatsioon lihaskiududes. Kõigist äsjakirjeldatud lihase kokkutõmbe faasidest tuleb õpilastele jutustada, aga ei tule nõuda nende meelespidamist. Kordame uuesti: lihaskius toimuvaid protsesse käsitellakse ainult kui vahe-ainevahetuse konkreetset näidet.

Õpilased peavad antud näite varal omandama järgmist: 1) lihaskius toimub kiu ainete lagunemis- ja hapendumisprotsess; 2) need protsessid võivad kulgeda ainult eriliste fermentide osavõtul; 3) need protsessid, millede puhul potentsiaalne keemiline energia muundub kineetiliseks, on mehaanilise energia (kiu kokkutõmbed) ja soojusenergia (lihase soojenemine) allikaks; 4) lagunemisproduktid osalt resünteesitakse, osalt aga eritatakse koemahla ja eemaldatakse sealt erituselundite kaudu; 5) kudede rakkudes toimuvaid lagunemis- ja hapendumisprotsesse, mida saadavad energia vabanemise protsessid tema muundumisega potentsiaalsest keemilisest energiast kineetiliseks, nimetatakse dissimilatsiooniprotsessideks.

Niiviisi tekivad dissimilatsiooniprotsessi puhul keerukamaist aineist lihtsamad; dissimilatsiooniprotsessi tagajärjel toimub lihaskius aine- ja energiavarude vähenemine.

Assimilatsioon lihaskius. Nüüd siirdub õpetaja lihaskius toimuvate assimilatsiooniprotsesside käsitlemisele. Nende protsesside selgitamise põhietapid on järgmised.

On täiesti selge, et kui lihaskoes toimuksid ainult dissimilatsiooniprotsessid, siis lõpeksid temas lühikese aja pärast kõik aine- ja energiavarud, lihaskude lakkaks funktsioneerimast, ta kärbuks. Aga me teame, et lihaskude, iga tema kiud on ümbritsetud koemahlaga. Sellest ammutavad lihased toitaineid. Mis toitained need aga on? Kui mitte kõnelda veest ja sooladest, mis on iga raku hädavajalikeks koostusaineiks ja ilma milleta eluprotsessid ei saa toimuda, siis on need amiinhapped, glükoos ja tähtsusetu hulk rasvatilgakesi, mis on vere kapillaarvõrgu kaudu lümfi pääsenud. Peale selle ammutab lihaskiud lümfist ka mõningaid verest sinna tulevaid fermente ja hormoone.

Nagu õpilased juba teavad, ehitatakse ja sünteesitakse lihaskius amiinhappeist lihasele spetsiifilisi valke. See süntees toimub eriliste fermentide osavõtul. Samuti teavad õpilased, et lihaskius sünteesub hormoonide osavõtul glükoosist glükogeen. Meenutanud neid fakte, rõhutab õpetaja järgmisi momente: 1) lihaskoes lihtsamaist aineist keerukamate ainete (amiinhappeist valkude, glükoosist glükogeeni) moodustumine; 2) fermentide ja hormoonide osavõtt neist protsessidest; 3) lihaskiule (sinna tulevaist aineist) spetsiifiliste ainete moodustumine, mis on omased, „sarnased" tema protoplasmale, on e n d a a i n e d. Seda protsessi nimetatakse sarnastamiseks ehk a s s i m i l a t s i o o n i k s. Assimilatsiooni puhul toimub lihaskoes aine ja energia varumine.

Siinsamas tuleb õpilaste tähelepanu juhtida sellele, et ainete ammutamiseks lümfist ja sünteesimiseks kulub tööd, teatav hulk energiat.

Assimilatsiooni ja dissimilatsiooni vastastikune seos. Nüüd võib puudutada assimilatsiooni ja dissimilatsiooni vastastikuse seose küsimust, iseloomustades neid omavahel vastandlikke protsesse kui ühtsa aine- ja energiavahetusprotsessi kaht külge. Esimesi järeldusi selle kohta võib saada suunavate küsimuste teel. Selle vestluse põhimomendid on järgmised. Lihaskoes kulgeb kaks teineteisele vastandlikku protsessi: assimilatsioon ja dissimilatsioon, aine ja energia varumine ning nende kulutamine. Kas elavas koes on üks neist protsessidest ilma teiseta võimalik? — On selge, et ei ole: selleks et dissimilatsiooniprotsessid võiksid elava koe rakkudes toimuda, on vajalik lagunemisele ja hapendumisele alluvate ainete alatine juurdevool ja assimilatsioon; omastamis-, assimilatsiooniprotsessideks kulub aga mõningal määral energiat, mille allikaks on dissimilatsiooniprotsessid. Kuidas mõista mõlemate protsesside järjestust? Missugune neist on eelnev, missugune järgnev? Säärase küsimuse asetamine on iseendast väär — mõlemad protsessid on nii tihedasti omavahel seotud, sõltuvad nii püsivalt teineteisest, on nii lahutamatud, et nad kulgevad elavais rakkudes kestvalt ja samaaegselt. Lihaskiu töö momentidel on ülekaal dissimilatsiooniprotsessidel, puhkuse silmapilkudel domineerivad assimilatsiooniprotsessid. Ühe protsessi kestev ülekaal teise suhtes tunnistab ainevahetuse rikkest, häireist, ja säärased häired lõpevad lihaskiu kärbumisega. Assimilatsioon ja dissimilatsioon on kaks teineteisega lahutamatult seotud ainevahetuse külge lihaskius.

Ainevahetus teistes kudedes. Kui lihaskoe näite abil on vahe-ainevahetuse põhijooned selgitatud, võib siirduda teistes kudedes toimuva ainevahetuse näidete illustreerimisele. Seejuures tuleb muidugi toetuda faktidele, mis õpilastele on eelmisest kursusest teada. Süljenäärmete füsioloogiaga tutvumisel teema puhul „Toitumine" ilmnes

fakt, et süljenäärmeid ei saa vaadelda kui filtreid, mille kaudu veresoontest immitsevad välja sülje koostusosad; et süljenäärmete talitlus on seotud tema rakkude mikroskoopilise ehituse muutumisega (lasta jälle uurida stabiilse õpiku joonist 53 ja ära märkida, kuidas muutus näärmeepiteeli rakkude koostis sülje nõristumise tagajärjel); et sülje- ja teiste näärmete nõristus on füsioloogiline protsess, mis on seotud näärmerakkude aktiivse tegevusega, tööga, aine- ja energiakuluga. Näärmerakkudes toimuvad samuti kestvalt ainevahetus ehk assimilatsioon ja dissimilatsioon.

Samas teemas „Toitumine" käsiteldi küllalt täpselt hattude epiteeli füsioloogilist talitlust, selle tööd osmootse rõhu jõudude vastu. Teema puhul „Eritus" selgitati samasugusest vaatekohast uriini tekkimise ja eritumise küsimust.

Kõneldes näärmekoe rakkude, nende hulgas sisesekretsiooni-näärmete koe füsioloogilisest talitlusest, on tähtis rõhutada ja selgitada järgmist seisukohta. Sekreedid (välissekretsiooni-näärmete produktid) ja inkreedid (sisesekretsiooni-näärmete produktid) on nende näärmete rakkudes toimuvate ainevahetusprotsesside lõppsaadused, nende rakkude dissimilatsiooni produktid. Kuid needsamad sekreedid ja inkreedid võivad suurt osa etendada ka teiste elundite kudede elutegevuses, võivad osa võtta nende elundite ainevahetusest. Selgeks näiteks selle kohta on inkreedid, sisesekretsiooninäärmete hormoonid.

Et assimilatsiooni- ja dissimilatsiooniprotsessid kulgevad närvikoes, on õpilastel teada. Neile tuleb ainult meenutada närviraku protoplasmas leiduvaid kängukesi, mis kaovad raku intensiivse töö puhul ja tekivad uuesti tema puhkamisel (vt. teema „Närvisüsteem"). Siin tuleb õpilas-

tele jutustada ka sellest, et närvis toimuvad tema talitluse ajal keemilised protsessid, mis sarnanevad lihaskoes kulgevate protsessidega. Tähendab, ka närvikoes toimuvad assimilatsiooni- ja dissimilatsiooniprotsessid.

Toodud näidete varal veenduvad õpilased selles, et vahe-ainevahetuse ja energiavahetuse protsessid, mis avalduvad teineteisest lahutamatuis assimilatsiooni- ja dissimilatsiooniprotsessides, on organismi kõigi rakkude ja kudede elutegevuse põhiavalduseks.

Seoses küsimustega, mida on puudutatud vahe-ainevahetusega tutvumisele pühendatud tundides, tuleb õpilastel lasta õpiku ja vihikute järgi korrata peatükke „Hingamine" (juhtida tähelepanu koehingamisele) ja „Eritus", eriti sellepärast, et nende peatükkide materjali kasutatakse järgmistes tundides, mis on määratud organismis toimuva aine- ja energiavahetuse arvestamise meetoditega tutvumiseks. Nende meetodite abil tõestatakse organismi allumist aine ja energia jäävuse seadusele.

3. Aine ja energia jäävuse seadus organismis.

„Ainevahetuse" viimastes tundides selgitatakse küsimusi, mis on seoses ainevahetusprotsesside aine- ja energiabalansiga organismis. Tunniks tuleb valmistada klassitabelid hingamisaparaadist (joon. 108) ja kalorimeetrist (joon. 109).

Assimilatsiooni ja dissimilatsiooni vahekord. Kogu õppetöö toimub ettekande kujul ning algab assimilatsiooni- ja dissimilatsiooniprotsessi kvantitatiivse vahekorra selgitamisega. Juhtinud tähelepanu kolmele võimalikule vahekorrale — assimilatsioon on väiksem kui dissimilatsioon, assimilatsioon võrdub dissimilatsiooniga ja assimilatsioon on suurem kui dissimilatsioon, konkretiseerib õpetaja neid kolme võimalust näidete varal.

Assimilatsiooni ja dissimilatsiooni võrdsust võib täiskasvanud terve inimese juures saavutada säärase režiimi rakendamisega, mille puhul selle inimese kehakaal pika aja jooksul jääb muutumatuks. See on säärane juhtum, kus teatav režiim säilitab inimese organismi ainevahetuse suhtelise tasakaalu seisundis, kus assimilatsiooni- ja dissimilatsiooniprotsessid kulgevad umbes võrdse intensiivsusega.

Juhtumeid, kus assimilatsiooniprotsessid ületavad dissimilatsiooniprotsesse, kohtame seal, kus inimene teatava režiimi puhul saab rohkem toitaineid, kui ta neid ainevahetusprotsessis ära kasutab.

Siin on meil tegemist liigse toitumisega, mille puhul toimub kehakaalu suurenemine rasva ja süsivesikute varude salvestumise arvel organismis.

Juhuga, kus assimilatsioon ületab dissimilatsiooni, on meil alati tegemist noore terve organismi juures — laste, noorukite ja noorsoo juures. Siin toimub organismi kasvamine, keha kudede ja elundite ülesehitamine toitainete arvel, milline protsess ületab ainete kulu dissimilatsioonis.

Lõpuks, dissimilatsioon ületab assimilatsiooni nälgimise korral, s. o. neil juhtudel, kus organism saab toitaineid vähem, kui ta neid ainevahetusel kulutab. Nälgimise tagajärjeks on keha kaalu kahanemine.

Dissimilatsioon ületab assimilatsiooni ka hilises vanaduses, kus ainevahetuse orgaaniliste häirete tagajärjel, missugune ka ei oleks toitumise ja töötamise režiim, ainete kulu (kadu) kudede rakkudes hakkab ületama ainete juurdetulekut.

Esimene neist juhtudest, kus toitumise ja töötamise režiim säilitab inimese organismi ainevahetuse tasakaaluseisundis, pakub meile erilist huvi, sest selle juures võime kõige selgemini näidata aine- ja energiavahetuse

balansi uurimise meetodeid, mis tõestavad aine ja energia jäävuse seaduse rakendatavust ainevahetuse suhtes.

Aine- ja energiavahetuse balansi mõõtmise meetodid. Nagu teada, saab ainevahetuse balanssi mõõta nii otseste meetoditega — eriliste kambrite ja kalorimeetrite abil, kui ka kaudselt — gaasivahetuse kaudu.

Otsese mõõtmise meetod on õpilastele näitlikum, veenvam ja arusaadavam. Tõsi küll, ainevahetuse balansi uurimise kalorimeetri konstruktsioon on väga keerukas ja sellel ei tule üksikasjaliselt peatuda, aga sääraste täpsete mõõtmiskatsete printsiip on õpilastele, kes füüsika kursuses on juba kalorimeetriliste mõõtmiste ja arvutamistega tutvunud, täiesti arusaadav.

A. N. Kabanov'i stabiilse õpiku §-s 61 („Ainevahetus") on antud ülevaade organismis toimuva aine- ja energiavahetuse arvestamisest kalorimeetriliste mõõtmiste teel. Aga on soovitav, et õpetaja seda materjali veidi rohkem konkretiseeriks ja selge käsituse annaks ainevahetusprotsesside allumisest aine ja energia jäävuse seadusele.

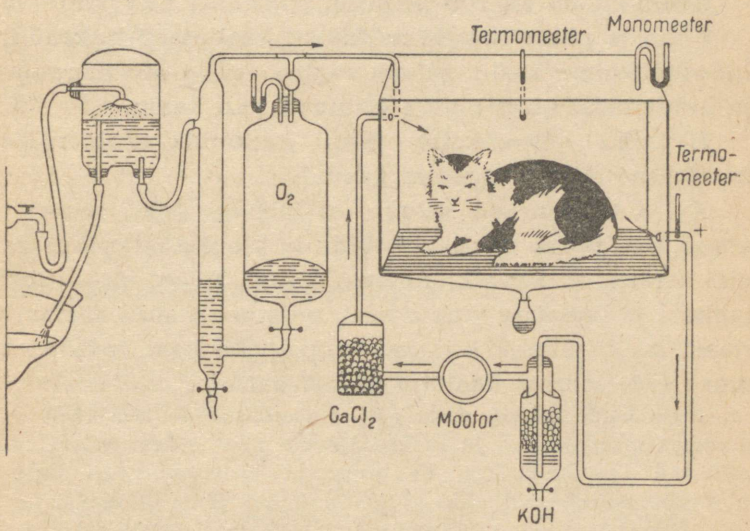
Seletuses esitatakse alguses tõestus aine jäävuse, siis energia jäävuse seaduse rakendatavusest ainevahetuses.

Inimene saab välismaailmast: esiteks toiduaineid, teiseks vett, kolmandaks hapnikku. Organism annab välismaailmale: esiteks uriini, teiseks roojamasse, kolmandaks vett (higi, väljahingatava õhu aurud), neljandaks süsihappegaasi. Neid aineid, mida organism tahkel või vedelal kujul vastu võtab ja eritab, pole sugugi raske koguda ja mõõta. Keemilise analüüsi meetodid lubavad meil määrata ka elementide hulgalise sisalduse neis aineis.

Organismi poolt vastuvõetavad tahked ja vedelad toiduained alluvad täpsele koguslikule ja omaduslikule arvestusele.

Aga organism võtab ju endasse vastu ja eritab välja ka mõningaid gaasjaid aineid: ta võtab vastu hapnikku ja

eritab süsihappegaasi ning veeaure. Kuidas arvestatakse nende hulka? Uuritav loom või uuritav inimene paigutatakse hermeetiliselt suletud kambrisse (joon. 108), kuhu ta võib jääda paljudeks tundideks ja isegi päevadeks. See kamber on torudega varustatud. Kahe kaudu neist tuleb kambrisse värske õhk, kolmanda kaudu eemaldub ära-



Joon. 108. Respiratsiooniaparaat.

tarvitatud õhk. Seejuures võib korraldada nii, et kambrisse tulev õhk ei sisaldaks ei süsihappegaasi ega vett. Selleks pumbatakse ärakasutatud õhk läbi mootori. Enne kui õhk toru kaudu uuesti kambrisse tagasi pöördub, läbib ta esiteks süsihappegaasi-imeja — kaaliumhüdroksüüdi sisaldava nõu — ja teiseks nõu, mis sisaldab kloorkaltsiumi veeaurude absorbeerimiseks. Kambrisse tagasipöörduva õhu täiendamine hapnikuga toimub teise toru kaudu kuiva hapnikku sisaldavast balloonist. Nagu on

näha joonisel 108, saab seda hapniku juurdevoolu veejoaga reguleerida. Kambrisse võib paigutada toidu ja joogi.

Nüüd tehakse järgmised arvestused:

Loom või inimene on enne ja pärast katset kaalutud.

Toit ja jook on samuti kaalutud.

Kaalutud on ka roe ja uriin.

Enne ja pärast katset määratud kaaliumhüdroksüüdi ja kloorkaltsiumi kaalu vahest saame teada süsihappegaasi ja hingamisel ning higiga eritunud vee kaalu.

Hapniku vähenemise järgi balloonis saab määrata kambrisse läinud hapniku kaalu [1].

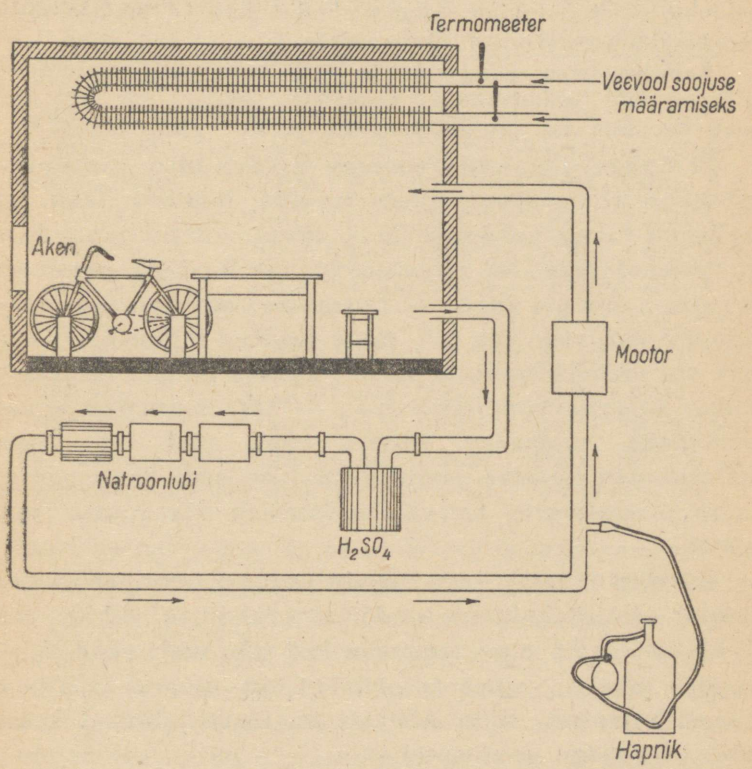
Katse tulemusena selgub, et inimese (või looma) esialgne kaal pluss tarvitatud toidu ja joogi kaal, pluss katse ajal tarvitatud hapnik, miinus kõigi katse ajal eritatud tahkete ja vedelate ainete kaal, miinus eritatud süsihappegaasi hulk, miinus eritatud veeaurude kaal, võrdub inimese (või looma) kaaluga pärast katset.

Seda laadi katsed, mida paljud teadlased on korduvalt veelgi täpsema meetodi abil ja kõige täpsema kaalumisega korraldanud, näitavad täie selgusega, et inim- ja loomorganismis kulgevad ainevahetusprotsessid alluvad kaalu (aine) jäävuse seadusele.

Ainevahetusprotsesside energeetilise balansi uurimiseks kasutatakse erilisi kamber-kalorimeetreid. Lihtsaim sääraseist kalorimeetreist on skeemi kujul esitatud stabiilses õpikus ja tema konstruktsiooni tuleb tunnis käsitella. Aga pärast seda peab viitama sellele, et tänapäeval on füsioloogidel kasutada hoopis täiuslikumad kamber-kalorimeetrid, mis võimaldavad ainevahetuse balansi arvestamist väga suure täpsusega. Õpilastele on soovitav seejuures klassitabelil näidata Atwater-Benedict'i kalorimeetri skeemi (joon. 109). See kalorimeeter võimaldab nii aine- kui ka energiavahetuse balansi arvestamist. „Ta koosneb kahekordsete, soojust mittejuhtivate seintega kambrist või toast. Ümber siseseina on juhitud spiraaltorud,

[1] Teades kambri ruumala ja analüüsides temas leiduvat õhku enne ja pärast katset, võib peale selle määrata O_2 ja CO_2 hulga, mida aparaatides pole arvestatud.

mida mööda voolab vesi. Torud on varustatud metallketastega, mis kiirendavad soojuse absorptsiooni kambrist. Veevool reguleeritakse täpselt nii, et siseseina temperatuur hoiduks püsivana. Et sise- ja välisseintel säilitatakse (eriliste seadiste abil, milliseid ei tarvitse kirjeldada — M. Ts.) üks ja seesama temperatuur, siis ei



Joon. 109. Kalorimeeter.

kiirgu kalorimeetrist soojust üldse mitte välja, ja kogu soojus, mida kalorimeetris olev inimene või loom toodab, kandub üle torudes voolavale veele. Sisse- ja väljavoolava vee temperatuuri kraaditakse täpselt termomeetritega, mis näitavad sajandikke ja tuhandikke kraade. Teades vee kogust, mis teatava ajavahemiku jooksul torudest läbi voolab, ja temperatuuri vahet sama aja jooksul,

on kerge arvutada soojusehulka (kaloreis — M. Ts.), mida katsesubjekt on tootnud. Toas on jalgratas piduriga või mingi muu aparaat, mis võimaldab teha mehaanilist tööd. Vajaliku ventilatsiooni eest hoolitseb õhuvool, mis läbib samasuguseid seadiseid nagu ülalkirjeldatud kambriski. Niiviisi on võimalik korraga mõõta niihästi subjekti poolt toodetud soojuse hulka kui ka hingamismahtu (hapnikukulu ja eritatud süsihappegaasi).

Kalorimeetrisse võib paigutada voodi, laua, tooli jne., toitu võib ulatada läbi kahekordsete raamidega akna, nii et katset saab sooritada ühe ja sellesama isikuga 2—3 päeva kestel"[1].

Et õpilased energiavahetuse arvestamise meetoditest täielikult aru saaksid, tuleb meelde tuletada fakti, mis neile on tuttav füüsikast: kõik energia liigid muunduvad soojusenergiaks. Nii muunduvad siis ka kõik organismis tekkivad energia liigid — keemiline, mehaaniline jne. — soojusenergiaks; see töö, mida uuritav inimene sooritab, kas või näiteks kambris oleva jalgratta rataste ringisõtkumine, kambris kõndimine jne., — kõik muundub soojusenergiaks, soojuseks. Niiviisi imeb vesi, mis voolab kalorimeetri torudes, soojuse näol endasse kogu energia, mida produtseerib katsealuse inimese või looma organism.

Kuivõrd täpselt toidu kaudu saadud energiahulk ühte langeb energiahulgaga, mida ainevahetuse suhtes tasakaalu-seisundis olev organism kulutab, võib näha lk. 477 toodud tabelist, milles on esitatud üks tulemus rohkearvulistest katsetest, mida Atwater on ülalkirjeldatud kambri abil inimesega sooritanud.

Selle tabeli kirjutab õpetaja enne tundi tahvlile. Pole vajadust lasta seda õpilastel vihikuisse kanda.

Tabelist nähtub, et katse erakordsest keerukusest hoolimata ei ületa vaatluse keskmine eksimus arvutatud tulemust rohkem kui 1,7% võrra. See on säärast laadi ekspe-

[1] Tsiteeritud E. G. Starling'i järgi „Inimese füsioloogia alused", II k.

rimentide juures niivõrd tähtsusetu eksimus, et järeldus ei jäta mingeid kahtlusi: ainevahetuse suhtes tasakaalu-seisundis oleva organismi poolt kulutatud energia võrdub täpselt toidust saadud energiaga.

Daatum	a	b	c	d	e	f
	Söödud toidust saadud energia	Rooja, uriini ja muuga eritatud energia	Organismi poolt kasutatud energia arvutatult (a—b)	Sama, kindlaks määratud katsete põhjal kalorimeetris	Vahe arvutuse ja katsete vahel	Vaatluste eksimus protsentides
Dets. 9.—10.	2519	170	2349	2414	65	2,8
„ 10.—11.	2519	174	2345	2386	41	1,7
„ 11.—12.	2519	128	2391	2413	22	0,9
„ 12.—13.	2519	174	2345	2375	30	1,3
Kokku 4 päeva jooksul .	10076	646	9430	9588	158	—
Keskmiselt päeva kohta .	2519	162	2357	2397	40	1,7

On muidugi selge, et ka need juhud, kus vastuvõetud ainehulk ei võrdu ainehulgaga, mis kuulub organismis lagunemisele ja hapendumisele ning eritatakse ainevahetusel, alluvad energia jäävuse seadusele. Kui assimilatsioon ületab dissimilatsiooni (lapse- ja nooruki-eas, liigtoitumise puhul), toimub organismi kasvamine või varuainete salvestumine, s. o. ainete ja energia varumine organismis: toidust saadud energia võrdub kulutatud energiaga pluss varuainete energia.

Ületab aga dissimilatsioon assimilatsiooni (nälgimine, haigus, kõrge vanus), siis on selle tagajärjeks kõhnumine, koeaine hävimine, mille arvel toimubki organismi elutegevus: kulutatud energia võrdub toitumisenergiaga pluss koeainete lagunemise ja hapendumise energia.

4. Järeldused.

Toetudes esitatud faktidele teeb õpetaja nüüd järgmised järeldused. Organismi aine- ja energiavahetusprotsesside eksperimentaalse uurimise kõigi tulemuste põhjal on meil nüüd täielik õigus kinnitada, et organismis kulgevad protsessid kujutavad endast füsioloogilise seaduspärasuse järgi üht erilist etappi kõigi muude loodusnähtuste keskel, mis üksteisega on seotud aine ja energia jäävuse seadusega. Iga aineaatom, mis kuulub looma või inimese keha elava aine koostisse, oli varem elutu looduse ühe või teise keha koostusosaks ja pöördub varem või hiljem jälle välismaailma tagasi. Täpselt samuti on ka kõik need energialiigid, mis tekivad elavas organismis, ainult erilised, organismile omased vormid sellest energiast, mis tekkis ja tekib välismaailma mitmesuguste nähtuste puhul.

Organismi elutegevus on elava mateeria liikumise eri vorm — „elu on valkainete olemasolu vorm, ja see olemasolu vorm seisab sisuliselt nende kehade keemiliste koostusosade alatises eneseuuendamises..." [1]. „Elu — see on ainevahetus, mis toimub toitumise ja eritumise teel, — see on iseendast kulgev protsess, mis on omane, sünnipärane tema kandjale — valgule, ilma milleta ei saa olla elugi" [2].

Seoses teema „Ainevahetus" läbivõtmisega kordasid õpilased kursuse järgmisi osi: vereringe, hingamine, toitumine ja eritumine. Peale selle uuendasid nad oma mälus paljusid teadmisi lihaste-, närvi- ja endokriinse süsteemi füsioloogiast. Õpilastel võib nüüd õpiku ja vihikuisse tehtud üleskirjutuste järgi lasta neid teemasid korrata.

---

[1] F. Engels, Anti-Dühring. Partei väljaanne, 1932, lk. 57.
[2] Sealsamas, lk. 57—58.

Mis puutub stabiilse õpiku materjalisse teema kohta „Ainevahetus", siis võib soovitada, et see peatükk klassis kõvasti läbi loetaks ja ühiselt läbi arutataks, kuna eelmistes tundides on kogu materjal selle kohta küllaldasel määral ette valmistatud.

Viimasele alateemale kulub vähemalt 3 tundi.

XVI. KASVAVA ORGANISMI FÜSIOLOOGIA.

Teema koht ja tähtsus.

Teema „Kasvava organismi füsioloogia" on tänapäevani vaidlusalune punkt X klassi anatoomia ja füsioloogia kursuses. Vaidlusalune on ta niihästi oma materjalilt kui ka õpetamise metoodikalt.

Nagu teada, on meie nii enne- kui ka pärastrevolutsioonilises pedagoogilises kirjanduses korduvalt ja kirglikult vaieldud küsimuse üle, millisel kujul võib ja peab keskkoolis käsitlema inimese sigimise küsimusi. Neis vaidlustes oli lahkarvamuste ulatus väga suur: pahempoolitsevaist ettepanekuist, arendada neid küsimusi kogu nende ulatuses, arvestamata õpilaste vanuse ja arenguga seoses olevaid spetsiifilisi raskusi, kuni inimese sigimise küsimuste radikaalse väljasulgemise ettepanekuteni. Kooli kogemusi sel alal pole veel küllalt arvestatud ja uuritud. Seepärast on käesoleva peatüki teema „Kasvava organismi füsioloogia" läbivõtmise metoodiline plaan autori isiklike vaadete esitus selle teema sisu ja üldise paigutuse kohta keskkooli X klassis.

Inimese sigimise anatoomilis-füsioloogilisesse probleemisse võib keskkoolis suhtuda üldbioloogilisest vaatekohast lähtudes, milline suhtumine ei põhjusta erilisi raskusi. Botaanika ja zooloogia läbivõtmisel VIII—IX klas-

sis antakse õpilastele järk-järgult ikka laialdasemaid ja süvendatumaid teadmisi sigirakkudest, viljastamisest, loote arenemisest viljastatud munast ja hiljem ka täiskasvanud organismist. Sise-suguelundite anatoomiat käsitellakse selgroogsete loomade kõigi klasside tundmaõppimisel, kaasa arvatud ka imetajad. Viimastega tutvumisel saavad õpilased kujutluse imetajate sugunäärmeist, suguproduktidest, suguteedest, emakast. Nad tutvuvad mõnede embrüoloogiliste ja füsioloogiliste faktidega: sellega, et loode kinnistub pärast viljastamist, mis toimus munajuhades, emaka limaskesta külge, et tema ümber arenevad kestad, millest üks, mis on kokku kasvanud emaka seinaga, moodustab emakoogi; nad saavad kujutluse seosest loote vereringesüsteemi ja ema vereringesüsteemi vahel, ainevahetusprotsessidest, mis toimuvad emakoogi kaudu, jne. XI klassi kursuse mõnedes osades käsitellakse loomade ja inimese sigimise ning arenemise küsimusi juba avaramalt ja sügavamalt, ning keskkooli lõpetamisel on meie õpilastel nende küsimuste kohta täiesti küllaldane hulk teadmisi.

Endastmõistetavalt ei tule sellel õpetamisjärgul mingil viisil puudutada välissuguelundite anatoomiat ja füsioloogiat, samuti nagu ei tule klassis käsitella suguelu tervishoiu küsimusi. See väga tähtis kasvatav ülesanne laheneb kooli üldises kasvatustöös.

Suguelu tervishoid — see on sotsiaalse tervishoiu sääraseid külgi, mida keskkoolis saab propageerida ainult kooli ja kodu intiimse koostöö korras.

Õpetaja-kasvataja ja kooliarst, kes tunnevad oma õpilasi ning jälgivad nende ülemineku-ea avalduste vorme — õpilasi tundma ja nende arenemist jälgima on nad kohustatud —, peavad vajalikel juhtudel seda tööd tegema vest-

luse korras, silm silma vastu; kus see aga on otstarbekohane, seal tuleb ka vanemad juurde tõmmata.

Tunni ajal peab õpetaja oma töös tõsist asjalikku tooni pidama ja teemat alustama ilma mingite eriliste eessõnadeta ja hoiatusteta. Iga liiki hoiatused avaldavad siin soovitavale vastupidist mõju. Töö peab klassis toimuma ilma igasuguste reservatsioonideta, nii nagu iga teisegi teema puhul. Õpetaja ei tohi reageerida õpilaste mõnikord veidi „tõusnud" meeleolule — ühtede kohmetusele ja teiste mittetõsisele suhtumisele. Tavaline rahulik tund likvideerib kujunenud pingelise meeleolu väga kiiresti.

Mida õpilased peavad omandama. Teemaga „Kasvava organismi füsioloogia" tutvumise tulemusena peavad õpilased omandama järgmised teadmised.

1. Teadmised morfoloogia alalt. Mehe sugunäärmed — raiad, seemnetorukesed, seemnejuha. Naise sugunäärmed — munasarjad, munajuhad, emakas. Sigirakud — spermatozoid ja munarakk. Lootekestad; kõldkest; emakook; nabaväät. Emaka limaskesta varustumine verega. Vereringe emakoogis ja nabaväädis.

2. Teadmised füsioloogia alalt. Viljastumine. Loote kinnistumine emaka limaskestale. Loote toitumine ja hingamine. Sünnitus kui akt, mis on seoses emaka lihaste reflektoorse kokkutõmbumisega. Vastsündinu esimene hingamisliigutus.

Lapse ja alaealise kasvamine. Luustiku luustumisprotsess ja selgroo kõverduste tekkimine. Lihaste süsteemi arenemine. Rindkere kasvamine. Vereringesüsteemi arenemine küpsemisjärgul. Sisesekretsiooni-näärmete talitluse muutumine küpsemiseas.

3. Teadmised embrüoloogia alalt. Muna pooldumise esimesed järgud. Kujutlus kolmest lootelehest, lootekestade moodustumisest ja lootelehtede derivaatidest.

4. Teadmised sotsiaalhügieeni alalt. Laste ja alaealiste tervisekaitse alused.

Teema läbivõtmise plaan. Teema läbivõtmiseks on arvestatud 2—3 õppetundi. Teema võib jaotada järgnevaiks alateemadeks: 1. Inimese looteline arenemine ja loote eluprotsessid. 2. Lapse ja alaealise kasvamine ning arenemine. 3. Laste ja alaealiste tervisekaitse.

Metoodilisi juhendeid teema läbivõtmiseks.

A. N. Kabanov'i stabiilne õpik esitab selle teema õnnelikumalt kui kava. Aga siingi on selgesti tunda seose puudumine õpiku materjali ja eelmiste klasside kursuste vahel, samuti kui ei läheneta, nagu see on veel üldiseks nähtuseks, materjalile evolutsioonilisest, võrdlevanatoomilisest ja võrdlevfüsioloogilisest seisukohast.

Sissejuhatav seletus. Õpetaja sissejuhatav seletus ei pea mitte piirduma selle lühikese ajaloolise ülevaatega, millega teemat alustatakse õpikus. Peale säärase ülevaate on vaja anda lühike kordav ülevaade selgroogsete loomade sigimiselundite ehitusest ja funktsioonidest, kaladest kuni imetajateni; tuleb jälgida nende sigimisviisi kudemisest kuni sisemise lootekandmiseni. Muidugi peab õpetaja seletust andes suunavate küsimuste abil õpilasi juhtima teadmistele, mis neil on säilinud IX klassi zooloogia kursusest. Sissejuhatava seletuse ajaks tuleb üles riputada vastavad seinatabelid (näiteks A. A. Jahhontov'i omad).

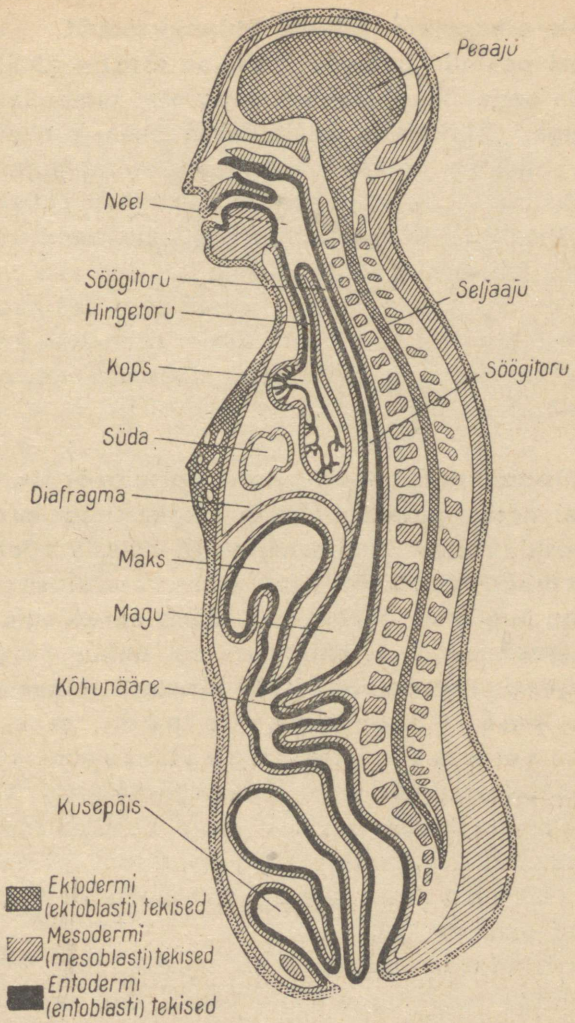
Sigirakud. Järgmiseks tunnietapiks on inimese sigirakkude kirjeldamine. See kirjeldus antakse õpiku materjali ulatuses. Aga vaevalt on X klassis tarvis peatuda sigirakkude küpsemisprotsessil. Hoopis otstarbekohasem on jätta see materjal XI klassi kursuse kavasse, kus sigirakkude ekvatsioon- ja reduktsioonjagunemist käsitellakse üksikasjaliselt. Tuleb meeles pidada, et rakulise ehitusega tutvumisel X klassi kursuse algul käsiteldi karüokineetilist jagunemist puhtmorfoloogilisest küljest, seejuures tema üksikuid faase täpselt kirjeldamata.

Sigirakkude demonstreerimine. Seepärast on väga tähtis mikroskoobi all demonstreerida spermatozoidide ja munade fikseeritud ja värvitud preparaate. Müügil on

imetajate loomade (roti, küüliku jt.) spermatozoidide ja samuti munade (merisiili, solkme, konna jne.) preparaadid.

Õpilastele on väga soovitav näidata mikroskoobi all konna elavaid spermatozoide. Selleks tuleb isaselt konnalt raig võtta, lõigata see esemeklaasil füsioloogilise lahuse tilgas (0,6% NaCl) katki ja tükke skalpelli lameda poolega kergesti mitu korda vajutada. Lahusesse sattuvaist spermatozoididest tilk sogastub. Nüüd tuleb tilk katteklaasiga katta ja vaadelda teda tugeval suurendusel. 200-kordsel suurendusel ei õnnestu üksikute spermatozoidide ehitust näha, selleks on vaja 500—600-kordset suurendust, aga spermatozoididemassi niitide liikumine ja looklemine on selgesti täheldatav.

Viljastumine. Lootelehed. Siis siirdub õpetaja viljastumise ja loote arenemisprotsesside käsitlemisele. Nende protsesside kohta on õpilastel eelmisest (IX klassi) kursusest juba küllaldane hulk teadmisi: käsitus viljastumisest kui spermatozoidi ühinemisest munaga, loote kinnistumisest emaka limaskestale, lootekestadest, emakoogist ja nabaväädist. Kõik see tuleb õpilaste mälus uuendada. On soovitav, kuid mitte hädatarvilik, öelda mõni sõna muna jagunemisest ja kolme lootelehe tekkimisest (väljumata õpiku piiridest). Lootelehtede küsimuse puudutamisel tuleb lühidalt jutustada, missugune osa on igaühel neist keha elundite kujundamisel. Riputanud üles vastava tabeli (joon. 110), näitab õpetaja, et välisest lootelehest (ektoblastist) arenevad hiljem naha marrasknahk, seedekanali kõige eesmisema ja kõige tagumisema osa epiteel, kogu närvisüsteem ja meele-elundite osad; keskmisest lootelehest (mesoblastist) kujunevad pärisnahk, luustik, lihased, sise-elundite lihaselised ja sidekoelised osad,



Joon. 110. Kolme lootelehe tekised.

kogu vereringesüsteem; sisemisest lootelehest (entoblastist) areneb sise-elundite õõsi vooderdav epiteel [1].

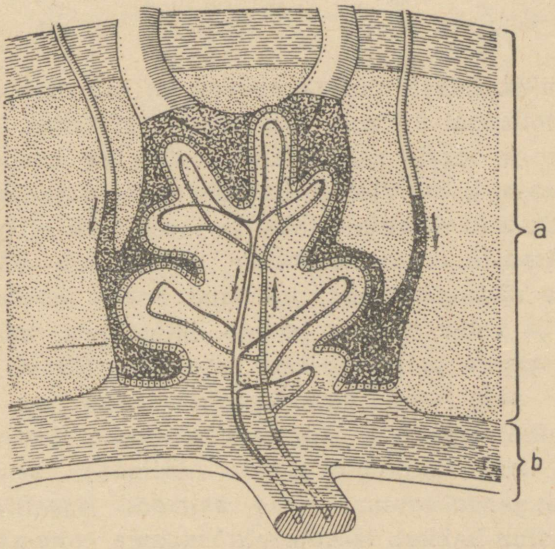
Loote arenemine ja tema elufunktsioonid. Siin ei ole vajadust peatuda inimese lootelise arengu üksikuil etappidel ja selle võrdlusel selgroogsete loomade lootelise arenguga. XI klassis käsitellakse seda küsimust teema puhul „Inimese põlvnemine" ontogeneesi ja fülogeneesi omavahelise seose vaatekohalt; siin aga on sellele küsimusele võimalik läheneda ainult pealiskaudsete analoogiate teel, mis küllaldase põhjenduseta ja seletuseta on X klassi ealistele õpilastele vähe veenvad. Säärane pealiskaudne etteruttamine võib XI klassi kursusele ainult kahju tuua, vähendades õpilaste huvi küsimuse süvenenumaks tundmaõppimiseks: võidakse öelda, et — teame seda juba.

Siirdudes loote ainevahetuse küsimuse juurde, tuleb õpetajal silmas pidada õpilaste hulgas väga levinud eksiarvamust. Sellest hoolimata, et IX klassis võetakse läbi loote vereringesüsteemi seos ema vereringega, arvavad õpilased tavaliselt, et ema veri läheb emakoogis üle loote vereringesüsteemi, et mõlemail on ühine vereringesüsteem, ühine verevool. Siin peab kindlasti rõhutama, et lootel on oma vereringesüsteem, mis kuskil ei ühine ema vereringesüsteemiga. Nabaväädi mööda kulgeb loote vereringesüsteemi haru emakooki, kus ta haruneb ainult loote kapillaaride võrguks, tema suletud kapillaaride võrguks. See kapillaaride võrk on kokkupuutes emaka limaskesta õõntega, mis on täidetud ema verega.

Nii kanduvad toitained ja hapnik läbi õõnte ning kapillaaride rakukihtide loote verre; läbi samade kihtide toimub loote verest süsihappegaasi ja loote teiste lagune-

[1] Neid andmeid ei tule detailiseerida ja keerukaks muuta.

mis- ning hapendumisproduktide äraandmine. Seda vahekorda võib illustreerida skeemi abil, mis valmistatakse kas enne tabeli kujul või joonistatakse klassitahvlile (joon. 111).



Joon. 111. Platsenta (skeem): *a* — emaka sein; *b* — lootekest.

Niisiis ei tööta loote hingamis-, seede- ja erituselundid niikaua, kuni loode viibib emakas. Nad ei funktsioneeri sellepärast, et loode saab oma elufunktsioonideks kõik vajaliku ema verest ja omab võimalust mittevajalikest elutegevusproduktidest samuti läbi ema vere vabaneda. Mis puutub aga vereringesüsteemisse (ja eriti südamesse), närvisüsteemisse ja sisesekretsiooni-näärmeisse, siis hakkavad need vastavalt arenemisele juba lootel funktsioneerima. Täpselt samuti hakkab aegamööda funktsioneerima ka lihaste süsteem.

Loote kasvamise kohta võib esitada järgmised andmed. Muna läbimõõt on 2 mm.

Arenemise	21.	päeval	on	loote	pikkus	4,2	mm
„	30.	„	„	„	„	10,5	„
„	54.	„	„	„	„	2,0	cm
Raseduse	lõpul		„	„	„	33,6	„

Sünnitus. Edasi jutustab õpetaja, et looteline arenemine kestab inimesel 9 kuud, siis järgneb sünnitus. Sündimispäevaks on loode saavutanud 3—3½ kg kaalu. Sündimisprotsessi kohta võib õpilastele anda järgmised lühikesed teadmised. Sünnitusajaks on loote kõik elundid jõudnud säärasele arenemisastmele, et muutub võimalikuks loote elu väljaspool ema organismi. Loode surutakse emakast välja selle lihaste tahtele allumatute intensiivsete kokkutõmmete ja kõhupressi tagajärjel. Niipea kui vastsündinu side ema vereringesüsteemiga on katkenud, algab süsihappegaasi kogunemine tema verre, teostub pikliku aju hingamiskeskuse esimene erutus, esimene hingamisliigutus, lapse esimene sissehingamine [1]. Vastsündinu hakkab iseseisvalt hingama, toituma, eritama, ühe sõnaga — algab tema iseseisev, ema organismist sõltumatu elu.

Sellega lõpeb teema „Inimese looteline arenemine ja loote eluprotsessid" esimene osa. Mis puutub teema kahte ülejäänud osasse, siis nende läbivõtmisel võib kinni pidada õpiku tekstist. On täiesti küllaldane lasta õpilastel vastavad paragrahvid kodus läbi lugeda [2].

[1] Barcroft'i viimaste uurimuste järgi on esimese sissehingamise tõukeks mitte süsihappegaasi kogunemine verre, vaid hapniku puudus temas.

[2] Peame õpiku autori katset puudutada suguelu tervishoiu küsimusi ebaõnnestunuks. Igal juhul ei soovita meie klassis vestlust sellel teemal.

Töövahendid. Tabelid: Ahven. Konn. Sisalik. Tuvi. Rott (A. A. Jahhontov'i seeriast). Skeem, mis kujutab lootelehtede osavõttu elundite kujundamisest. Skeem emakoogi osast (soovitav). Mikroskoop. Skalpell. Prepareerimiskäärid. Pintsett. Eseme- ja katteklaasid. Füsioloogiline lahus (0,65% NaCl). Imetajate loomade spermatozoidide mikroskoobilised preparaadid. Munade (merisiili, konna, solkme jne.) mikroskoobilised preparaadid. Elavad konnad.

SISUKORD.

Lk.

Eessõna 3

I. Inimese anatoomia ja füsioloogia kursuse põhilisi ülesandeid keskkoolis 5

II. Õppeprogrammi analüüs 20

III. Nõrgad kohad anatoomia ja füsioloogia õpetamisel . . 27

IV. Õpilaste töö raamatuga 34

V. Tunniandmise võtteid 37

VI. Sissejuhatav teema 66

VII. Rakk ja koed 76

VIII. Luude ja lihaste süsteem 110

IX. Veri ja vereringe 164

X. Hingamine 215

XI. Toitumine 251

XII. Eritus 299

XIII. Närvisüsteem 325

XIV. Sisesekretsioon 419

XV. Ainevahetus 444

XVI. Kasvava organismi füsioloogia 480

Tõlkinud E. Aaslava.

Vastutav toimetaja J. Aul.

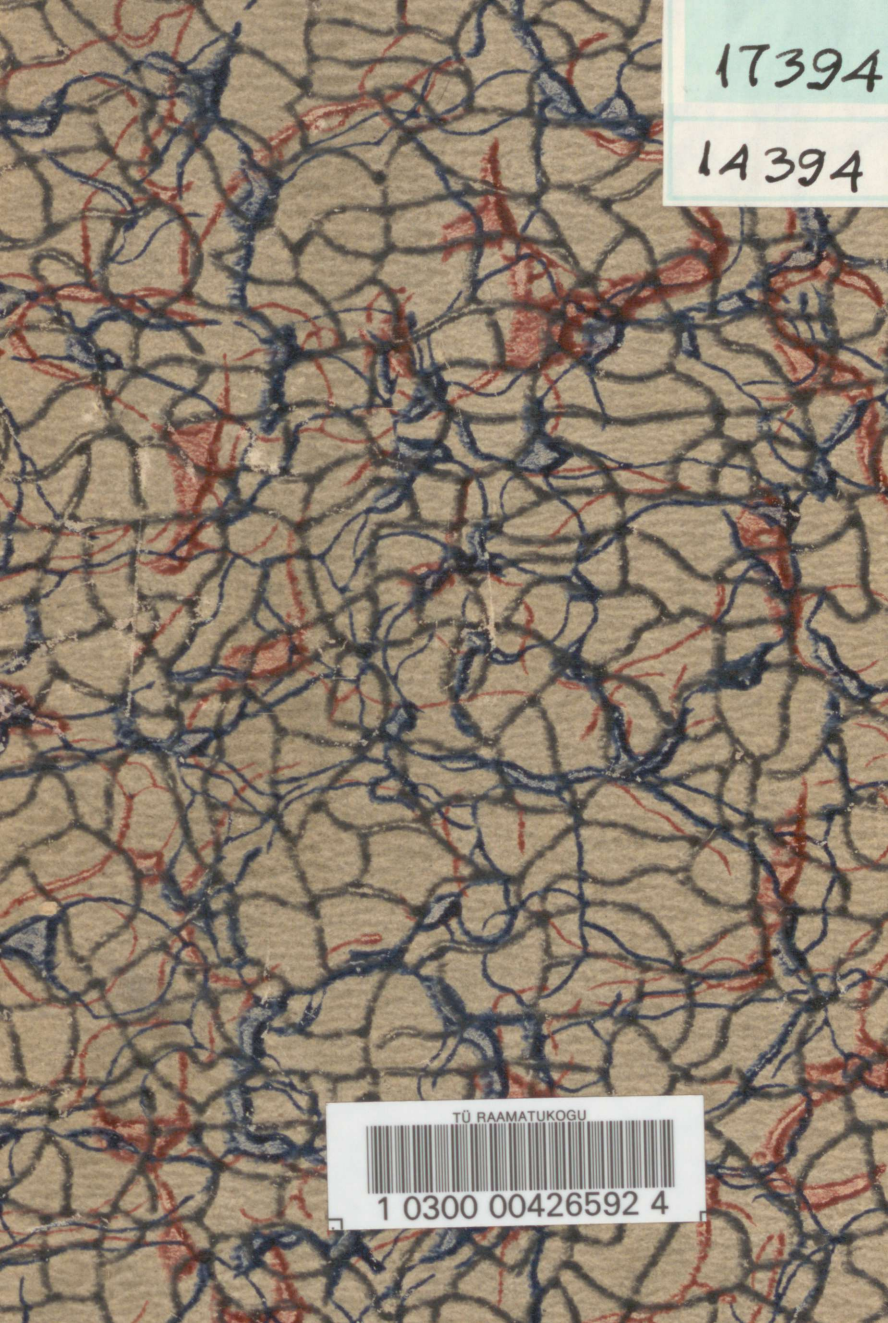
Keeleline toimetaja E. Kindlam.

Ladumisele antud 31. VII 1948. Trükkimisele antud 19. X 1948. Trükiarv 2000. Paber 56×79, 1/16. Trükipoognaid 30,75. Trükitähti trükipoognas 37.030. Arvutuspoognaid 28,45. MB-04641. Trükikoda „Tartu Kommunist", Tartu. Ülikooli 21/23. Tellimise nr. 1696.

На эстонском языке.

М. Я. Цузмер, П. И. Суворова и И. В. Козырь. Методика преподавания анатомии и физиологии человека в средней школе.

1T394
1A394



TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00426592 4