

A. Audova

Inimese anatoomia
ja
füsioloogia õpiraamat

Keskooli kursus

Teine täiendatud trükk



Noor-Eesti Kirjastus Tartus

A. Audova.

Loomafüsioloogia eradotsent.

Inimese anatoomia
ja
füsioloogia õpiraamat

Keskkooli kursus.

Teine täiendatud trükk.



Noor-Eesti Kirjastus Tartus.



A-7205

ARHIIVKOGU

Eessõna teisele trükile.

Anatoomia ja füsioloogia oskussõnad on esimese trüki ilmumisest saadik rohkesti muutunud ja eriti see asjaolu nõudis uue trüki avaldamist. Peale terminoloogia on muutunud õpiraamatu sisugi, eriti füsioloogilises osas. Märgatavalt täiendatud on liigutuste, toitumise ja ergukava tegevuse käsitlus, mis tähtsad osalt tegelikult, osalt teoreetiliselt. **Luude ja lihaste üksikasjalisem kirjeldus ei pea olema päheõppimiseks** (tuleb arvesse võtta, et eriliselt luustiku ja lihastiku peale võib kulutada vaevalt 3 õppetundi), vaid kõige pealt liigutuste analüüsiks. Toitumises on peen kirjas ette toodud mõningaid seisukohti, mis ei ole üldiselt tunnustatud, kuid siiski juba küllalt levinud ja küllalt põhjendatud. Tavalise kirjaga trükitud küsimused ei kuulu enam vaidlusealuste hulka või siis on see otse öeldud.

Raamatu liiga märgatavast suurenemisest hoidumiseks on kärbitud sissejuhatavat osa ja ära jäetud mõningad joonised. Osa jooniseid on asendatud uutega, parematega.

Esimese trüki eessõnast:

Rõõmustaval viisil hakatakse enam tähelepanu pöörama enese füüsilise olemuse tundmisele, mis suurel määral tingib vaimse olemuse. *Nosce te ipsum!*

Käesoleva aine õpetajaile lubatagu teha mõni sooviavaldus. Kohati täielikumad anatoomilised kirjeldused ei pea olema niipalju täpseks äraõppimiseks, kui üldise pildi ehk aimu andmiseks. Nagu üldse looduseõpetuses, nii peab ka füsioloogias ja anatoomias iseäranis rõhku panema näitlikule õpetamisele. Õpetamine ainult raamatu järele annab loodusest puuduliku pildi, väär mõisted. Looduse objekt on hoopis teine kui joonis. Kõike ei saa joonis edasi anda. Seepärast olgu võimalikult sagedasti „oma silm kuningas“.

Näitlikuks õpetuseks tuleb tarvitada alalhoitavaid preparaate (kuivatatud, piirituses, formaliinis jne.). Mitmekesisest kehaosadest õigema kujutluse

saamiseks on soovitatav looma (näit. jänese või kodujänese) sisemist ehitust tegelikult tundma õppida. On soovitatav näidata looma sisikonda, kopsusid, südant, vahelihast, sooni, erkusid, sidemeid, liigeseid, silma ehitust jne., jne.¹⁾ Üheainsa looma juures viibides võib juba ütlemata palju näidata. Vahest mõnigi õpilane on nii mõnedki korrad looma sisikonda näinud, kuid on seal vähe näinud. Harilikult ei osata näha, ei osata tähelepanekut mitmesugustele asjadele pöörata. Siin jätkaku anatoomiaõpetus tähelepanu kasvatust, mis juba kooliskäimisest peab algama.

Samuti tarvilik on füsioloogiliste katsete näitamine ja tegemine. Lihtsamad neist, nagu valkaine omadused, toidu koosseis (mõned lihtsamad näited), seedimine sülje ja pepsiini abil, hingamise skeem, erklühase-preparaadi ärritus, südame tegevus, vere koosseis, tõmbsoonelise vere tuiksooneliseks muutumine ja paljud sarnased, on võimalik korda saata väga lihtsate abinõudega. Samuti on võimalik palju katseid teha meeleorganitega kõige lihtsamal viisil.

Katsete tegemisel on tarvilik kohane juhatusraamat, milleks võiks olla B. E. Raikov, Anatoomia ja füsioloogia alpraktilikum; prof. C. Schaffer, Biologisches Experimentierbuch. Palju kohast materjali on leida mitmesugustest „Physiologisches Praktikum’idest“ (Verworn, Fuchs, Abderhalden, Asher jne.). Kuigi ülikoolile määratud, tuleb Verworn’i praktikumi väga soovitada, eriti ergukavaga tutvumiseks ja mitmekesiste keemiliste demonstratsioonide korraldamiseks.

Toitumisreformi käsitlevaist teoseist tuleb soovitada R. Berg u. M. Vogel, Die Grundlagen einer richtigen Ernährung. Kuigi ses teoses avaldatakse seisukohti, mis ei ole üldiselt tunnustatud, on ta väga asjatundlikult koostatud (Dresdeni tervishoiu muuseumi väljaanne!) Mingi olulisem ja uuem tõde ei leia üldist tunnustust lühikese ajaga!

Tartus,
5. juunil 1930.

A. Audova.

1) Liigesega tutvumine on eriti soovitatav. Seejuures on võimalik tutvuda ka luuümbriseiga jne. Lamba jalad on selleks võrdlemisi kergesti saadavad.

Mõisted.

Ütle mata mitmekesised on elusolevused — taimed ja loomad. Seni kirjeldatud loomaliikide arvu hinnatakse 600.000 peale, ja kui kõik liigid, eriti putukad, tundma õpitakse, siis arvatakse loomaliikide arvu tõusvat kaugelt üle ühe miljoni. Mitmekesine on loomade vorm ja ehitus, eluviis ja elutegevus. Inimesel, kes omalt loomult kuulub loomade hulka, on väliselt vähe sarnasust näiteks putuka või mõne teise selgrootuga, kuna selgroolistega — kaladega, kahepaiksetega, roomajatega, lindudega, imetajatega — on tal palju ühiseid omadusi. Kuigi juba kaladega on inimesel palju sarnasust (nimelt?), siis on sarnasus inimese ja imetajate vahel (imetamine, karvkate kehal, vahelihas ehk diafragma, hammastik, poegimine jne.) suurem ning seepärast kuulubki inimene **imetajate loomade** hulka. Inimese kehaehitus ja elutegevus on väga sarnane imetajate omadega. Kuna eelnevais klassis on tutvunud mitmekesiste loomade ehituse ja elutegevusega, tuleb siin käsitleda inimese kehaehitust ja kehategevust. Teadus kehaehitusest kannab **anatoomia** nime. Anatoomia all mõistetakse harilikult kehaehituse kirjeldust, mis märgatav palja silmaga. Seesmist ehitust võib näha lahtilõikamise ehk lahkamise teel. Mikroskoop aga avas võimaluse tutvuda peenema kehaehitusega, kui see võimalik varustamatu silmaga ning sel teel on kujunenud uus teadus — mikroskoobiline anatoomia, mille alla kuulub õpetus rakkudest ja kudedest (**histoloogia**, koelugu). Nimelt mikroskoobi abil vaatlemisel selgus, et vaatomata loomade ja isegi taimede väga suurele välisele mitmekesisusele ja ehitusele, on nende peenemas ehituses õige palju sarnasust: **iga elusolevus koosneb** väikesist „ehituskivikesist“ — **rakkudest** (või on vähemalt ainus rakk). Need „ehituskivikesed“ on küll suuruse ja kuju poolest mitmekesised, siiski on rakkude ehituses palju ühtlust, olgu rakk rohelises puulehes, viljateras, lihases, veres, maksas või kus tahes.

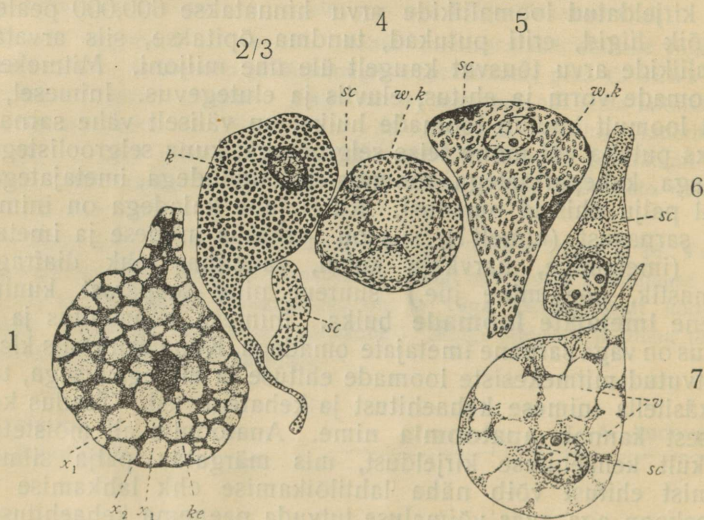
Iga elusolevuse ehk organismi on **muutuv** süsteem, s. o. temas toimuvad alalõpmata keemilised ja füüsikalised protsessid, muutused, mida nimetatakse elutegevuseks ja kehategevuseks. See

teadusharu, mis käsitleb elutegevust — keha füüsilisi ja keemilisi muutusi — kannab **füsioloogia** nime. Iga nimetatud teadusharu on nii laialdaseks kasvanud, et keegi ei suuda ühtki neist täielikult teada. Tähtis on teada kõige pealt elus kasulikku, tarvilikku, s. o. elu soodustavat.

Rakk.

Raku ehitus.

Nii siis, nagu teised loomad, samuti inimenegi koosneb rakkudest. Igas rakus on vähemalt kaks osa: **protoplasma** (paremini tsütoplasma) ehk alglima ja **tuum** (1. joon.). Taimil ümb-



1. joon. Rakud (lamelase näärmed). Protoplasmas suurema moodustisena peitub tuum (ke). k: limaterad. w.k: valguterad. sc: protoplasma jääk. v: vakuoolid. x_1 : tugevasti pundunud nõre. 1—3: limarakud (1: pundunud; 2: valmis nõreterakestega; 3: pärast nõristust regenereeruv). 4—5: valgurakud (4: valmis; 5: regenereeruv). 6: nõretera näärmerakk. 7: nõretera, kokkulangenud näärmerakk.

ritseb protoplasmat ja tuuma tselluloosist rakkudest. Loomarakkudel puudub tselluloosist kest ja selle asemel on neil harilikult õhuke tihedam protoplasma kiht või protoplasmost eritatud kest. Paljud loomarakud on aga täiesti ilma kestata. Raku läbimõõt on enamasti mõnikümmend mikrooni (mikroon = μ = $1/1000$ mm). Rakkude vorm ja koosseis on mitmekesine: kord sisaldab rakk tärklisteri, kord klorofüllit, antotsüaani, kord lubjanõelakesi, rasva-

tilgakesi, glükogeeni, kiukei ehk fibrille, pigmente ehk värvaineid (värviseid), kristalle, keskkehakesi, nõresõmerat (terakesi) jne. Kuid asjaolu, et igas elusas rakus, olgu seal veel muud mis tahes, ikka leidub protoplasma ja tuum, näitab meile, et viimased raku osised on kõige suurema tähendusega. Ainult protoplasma on elus ollus. Raku osised, nagu tärglisterad, rasvalilgad, kest jne. on surnud; nad on tekkinud protoplasma tegevuse tagajärjel. Elusad on ka veel need raku osised, mis keemiliselt protoplasmale lähedased, nagu tuum ja klorofülliterakesed.

Protoplasma tähtsaim osis (koosseisu osa) on **valkaine** (munavalge). Igas rakus on mitmekesiseid valkaineid, mis teatavasti on oinalt koosseisult üliväga rohkearvulised. Elusainesse kuuluvad veel mitmesugused süsivesikud, rasvaühendid, mineraalained jne. Alles kõik need ained lahutamatuks koos moodustavad ainelise aluse, mis avaldab elu tunnuseid, omadusi. Et iga inimese rakk koosneb samalaadi valkainest, rasvaühendest, süsivesikuist ja mineraalainest, nagu kõik loomarakud, siis kuulub seega inimene oma keemilise koosseisugi poolest loomade hulka. Lõpmata suur arv keemilisi reaktsioone toimub inimeses täiesti samuti kui näiteks teisis imetajais (on küll olemas ka erinevusi). Seepärast tutvudes inimese ehituse ja elutegevusega omandatakse üldse teadmisi loomaelust, eriti imetajate ehitusest ja kehategevusest.

Protoplasma on harilikult läbipaistev ja poolvedelas olekus. Sagedasti on **terakesi** (mikrosoome, 1. joon.). Tugeval suurenemisel on protoplasmal märgata iseäraline ehitus ehk **struktuur** (käsna laadi võrk, seebivahu laadi või teraline ehitus). Erilise mikroskoobi (ultramikroskoobi) abil võib protoplasmas eraldada õige pisikesi tantsivaid kübemekesi (kolloidne ehitus). Säärase ehituse tõttu on võimalik, et väikeses rakus toimuvad samal ajal väga **mitmekesised** keemilised protsessid: see oleks võimata, kui aine oleks täiesti ühtlane, osadesse eraldamata.

Raku teise peaosise — **tuuma** — keemiline koosseis on peajoonis sama, mis protoplasmal. Tuumgi koosneb teatava struktuuriga valkudest, eriti **nukleiinist**. Nukleiin sisaldab fosforit ja nukleiaaluseid, erinedes seega teistest raku valkainest. Kehas hapendudes ehk oksüdeerudes tekib nukleiaaluseist **kusihape**.

Raku elutegevus.

Rakk on kõige vähem ühik ehk tervik, mis on **iseseisvalt eluvõimeline**. Teatavasti on ju olemas palju ainurakseid taimi ja loomi (näit. ränivetikad, amööb, kingloom jne.). Isegi inimese või looma kehast eraldatavad koed ja rakud võivad teatavais tingimuses (eksplanteeritult) edasi elada. Eriti sidekoe

rakud võivad kehast eraldatuna vastavas toitlahuses elada kuude viisi ja pooldudagi. Niipea kui aga rakk osadesse jaotatakse, kusjuures raku üks osa jääb tuumata, siis on nimelt see osa surmale pühendatud. Tuumaga pool võib elada, tuumata raku-pool aga kaotab varsti oma eluavaldused (liikuvuse, sigimise jne.) ning hakkab laguma, sureb. Sääraseid katseid on tehtud suurte amööbidega, mida õnnestus pooleks jagada. Seega on selge, et tuuma ja protoplasma **koostegevusel** tekib elu-võimeline tervik, kuna tuum ega protoplasma üksi ei suuda elada.

Iga rakk on seega juba omaette elusolevus. **Iga rakk elab.** Raku elutegevus avaldub 1) aine- ja energiavahetuses, 2) liikumises ja ärritatavuses ja 3) sigimises.

Aine- ja energiavahetus. Nagu inimesel on toit eluks tarvilik, nii on see igal rakulgi. Raku protoplasma muutub vahetpidamata: osa temast lagub järjest ja endise asemele tekib raku ikka jälle uus ja värske protoplasma. Alalõpmatu vana protoplasma — valkainete, süsivesikute, rasvade jne. — **lagumine** käib raku **vahet pidamata koos uue protoplasma tekkimisega.** Alles raku nälgimisel ei ole enam võimalik uue tekkimine ning siis kuluvad olemasolevad tagavarad, varud. Alalõpmatu elusaine tekkimine ja sama alalõpmatu lagumine, see on üks **iseloomulisemaist** elusolevuse tunnuseist.

Valkude, süsivesikute ja rasvade lagumisel tekivad mitmesugused kõlbmatud ning isegi kahjulikud ained. Need lahustuvad raku olevas vees ja immitsevad või heidetakse välja tuikavate kublikute ehk vakuoolide kaudu (amööb, kingloom). Lagunud ainete asemele uue loomiseks on toit tarvilik. Ainuraksed (amööb, kingloom jne.) võivad otseselt välisest keskkonnast vastu võtta toiduks suuremaid kübemekesi, teisi vähemaid loomi, taimi või baktereid. Organismis aga harilikult rakk ei saa toitu kübemekeste näol, vaid lahustunud olekus (verest, mahlast). Vastuvõetud toitained muudab rakk oma koosseisu osadeks, sarnastab nad. Toitainete vastuvõtmist ja sarnastamist ning kõlbmatuks muutunud ainete rakust kõrvaldamist nimetatakse **ainevahetuseks.** Ainevahetuse alla kuulub ka vee- ja gaasivahetus. Nagu teised ained, nii uuendub vesigi raku.

Hingamine. Kui küdeva ahju õhukindlalt suleme, siis kustub seal tuli, sest hapnikku ei pääse tarvilikul määral ligi. Kui loomal ei lasta hingata, siis kustub ka tema „elutuli“ hapniku puudusel. Rakul on tarvis hapnikku energia (soojuse, valguse, mehaanilise energia — liikumise) vabastamiseks toitainetest. Iga liigutus on seotud aine- ja energiakuluga. Põlemisel tekib vesi ja süsihappu gaas (CO_2). Hingamise lõppsaadustena ilmuvad samuti vesi ja CO_2 . Mõlemal nähtusel vabaneb soojus.

Paistab, et veeloomad peavad ilma hapnikuta elama, kuid lugu pole nõnda. Hapnik ja ka teised õhu osised lahustuvad vees. Jahe vesi lahustab õhku (hapnikku) enam kui soe. Seepärast näeme, et kui külm vesi soojas seisab, klaasi seintele ilmuvad õhumullikesed, mis enne lahustunud ja nägematud olid. Vees lahustunud hapnik ongi vee olevuste hingamiseks. Keetmisel lahkub veest hapnik ja seepärast lämbuvad näit. kingloomad, kui nad pannakse keedetud jahutatud vette.

Kuid siiski on rakke, mis võivad elada ilma hapnikuta, näit. anaeroobsed bakterid ja osalt ka pärmi seenrakud. Pärmirakkude energia allikaks on suhkur, kuid hapniku puudusel ei lagu suhkur niisugusteks põlematuiks ollusteks (vesi ja CO_2) nagu teiste organismide rakkudes või harilikul põlemisel. Siin lagub suhkur süsihappeks (CO_2) ja alkoholiks. Selle lagumise puhul vabaneb kõigest osa energiat, mis sunkrus peidetud. Teine osa energiat jääb veel piiritusse peitu. See võib vabaneda piirituse põlemisel. Kuid juba sest väikesest energia vabanemisest käärimisel jätkub pärmseenekese tarvidusteks. Mõningatele bakteritele on hapnik otse mürgiks. Nemat saavad tarvilikku energiat, nagu pärmseenedki, osalise lagumise teel (anaeroobid). Ka sooltes elavad parasitid ilma vaba hapnikuta (paellussid, solkmed j. t.), kusjuures nemadki saavad tarvismineva energia ilma hapniku kaastegevuseta lagumise ehk lõhustumise tagajärjel (lõhustub glükogeen).

Ühenduses lõhustumisega või hapendumisega tekib igas rakus soojus. Püsisoojaste rakkudes on see üldiselt tuntud nähtus. Kuid soojus tekib ka kõigusoojaste rakkudes, näit. on konna temperatuur õhu temperatuurist harilikult ikka natuke kõrgem. Tublisti kääriv suhkrulahus on pärmirakkude elutegevuse tagajärjel märgatavalt soem ümbrusest. Roiskuv sõnnikuhunnik ja koppiv hein võivad väga kuumaks minna. Seal valmistavad soojust bakterid, mis hulgana siginud. Suuremal määral tekitavad rakud soojust veel seemnete idanemisel ja mõne taime suurtes õites.

Rida organisme helendavad (bakterid, seened, kalad jne.).

Vabanev energia kulub kõige pealt rakkudes toimuvaks liigutusiks, siis kõrgemaks temperatuuriks (püsisoojased!). Peale selle avaldub igas rakus elektrienergia ja hulgas organismes valgusenergia, mis kõik seotud ainekuluga. Ainevahetuse kaasas käib lahutamatu **energiavahetus**.

Toit (keemiline energia) → { mehaaniline energia
soojusenergia
elektrienergia
valgusenergia.

Hapendumise tagajärjel rakus tekkinud süsihappu gaas lahkub rakust. Alaline hapniku vastuvõtt ja süsihappu gaasi eritamine moodustab **gaasidevahetuse („hingamine“)**.

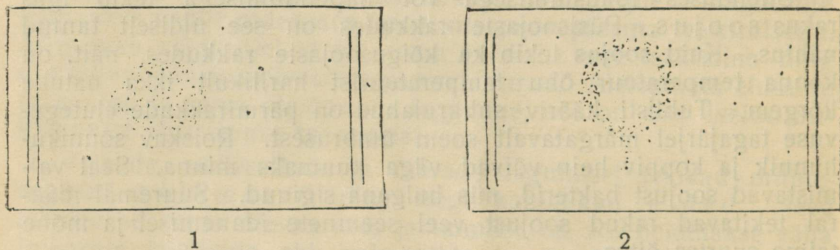
Liikumine. Väga paljud ainuraksed taimed ja loomad liiguvad vabalt. Organismis liiguvad samuti valgelible.

Amööbid liiguvad teatavasti sel teel, et neist sirguvad kulendid ehk ebajalakesed, mis tekivad liikumise suunas protoplasma voolamise tagajärjel. Seejuures on näha protoplasma terakeste liikumine. Liikumise suuna muutumise korral ilmub kulend teisest raku osast. Samal viisil liigub ka vere valgelible. Valgeliblede liikumist on kõige kergem tähele panna konna veres. Ka neis

võib märgata protoplasma voolamist. Infusooridel on kulgemiseks peenikesed ripsmed, mis ühes sihis lainetuste moodi liiguvad. **Ripsmete liikumise** tagajärjel kulgeb infusoor ehk ripsloom kiiresti, just kui lootsik aerudega sõudmisel. Ripsmed heidavad kiiresti tahapoole ja siis tõusevad aegamööda uuesti üles, et uut heitmist sinnaamasse korrata. Hulkrakseis loomis on leida ka ripsmelisi rakke, kuid need on üksteisega liikumata seotud. Nende ripsmete lainetus tõukab sel juhul edasi väikesi kübemekesi (tolmu jne.). Säärased rakud leiduvad hingetorus ja tema harudes. Nad kihutavad sinna sattunud tolmu ühes liimaga välja.

Rea taimede rakkudes võib tähele panna **protoplasma liikumist** (vesikatk, *Vallisneria*, *Tradescantia*, nõgese karvakeste rakud jne.).

Kergesti märgatavad on lihasrakkude liigutused: nad võivad lüheneda. Liikumine avaldub raku pooldumiselgi jne. Kaugelki kõigis rakkudes ei ole võimalik märgata liikumist hariliku mikroskoobi abil. Alles eriline riist, ultramikroskoop, näitab, et raku, kus muidu liikumist ei näi olevat, esineb omapärane õige pisikeste kübemekeste liikumine, otsekuu tants. See ei ole mitte aatomite ega molekulide liikumine: need tantsivad kübemekesed



2. joon. Kemotaksis. 1: positiivne, infusoorid nõrga H_2SO_4 lahusesse kogunud. 2: negatiivne, infusoorid kangemast lahusest eemal.

on märksa suuremad moodustised (kolloidsed kübemekesed). Säärane liikumine — Browni liikumine — on aga omane elutulegi kübemekesile, mis vedelikus asetsevad.

Ärritatavus. Looduses on temperatuur, õhurõhumine, rõskus jne. muutlikud. Ka kunstlikul teel võib muuta raku ümbrust — elutingimusi. Muutusi ümbruskonnas (elutingimustes) nimetatakse **ärritusteks**. Selle järele on ärritus põrutamine, rõhumine, pigistamine, keemiliste olluste lisandamine vette, kus rakk elab, elektrivoolu läbilaskmine, valguse, soojuse suurendamine või vähendamine jne. Iga ärritus avaldab oma mõju rakkusse. Mõju avaldub selles, et rakk ärrituse puhul harilikult muudab enese kuju, ülespidamist jne. Liikuminegi on ärritavuse avaldus.

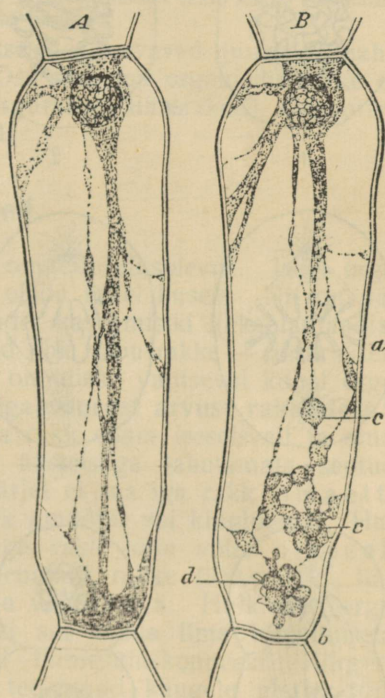
Kui põrutada lauda, kus amööb mikroskoobi all, siis amööb tõmbab ebajalakesed sisse ja muutub ümmarguseks. Kokku tõmbuvad paljud teisedki ainuraksed (tõrilane, vesikelluke j. t.).

Asetame mõne tilga infusooride kultuurist¹⁾ alusklaasile. Sinna keskele lisame tilga nõrka (0,001%) väävelhapet. Natukese aja pärast näeme, et infusoorid on pea kõik väävelhappe tilga kohale kogunenud (joon. 2, 1). Kui aga võtame 10 korda kangema väävelhappe, siis põgenevad sealt kõik infusoorid ja kogunevad tilga ümber ringina sinna, kus on nõrk hape (joon. 2, 2). Säherdust tungi keemilise oluse juurde või tema juurest põgenemist nimetatakse kemotaksiseks (positiivne ja negatiivne). Mõned bakterid liiguvad sinna, kus enam hapnikku, nimelt õhumullide või vetikate juurde, kes hapnikku eritavad. Vere valgelibled tungivad bakterite ja nende eritusproduktide juurde. Ka need on kemotaktilised nähtused.

Paljud vetikad liiguvad suurema valguse poole. Mõned ainuraksed (tõrilane) pagevad jälle valgusest pimedamasse kohta (negatiivne fototaksis). Infusoorid (kingloomad j. t.) ujuvad negatiivse pooluse poole, kui veest elektrivool läbi lastakse (galvanotaksis). Nad korjuvad külmast alast sojemasse ja liiga soojast jahedamasse alasse, kui anum ei ole ühtlaselt sooja veega (termotaksis). Elektriärrituse toimel võib protoplasma tom-pudesse tõmbuda (3. joon.)

Seega näeme, et juba sää-rane pisike elusolevus, nagu ainurakne seda on, **muudab oma elutegevust vastavalt**

välisele teguritele — põrutusele, keemilistele ainetele, valgusele, soojusele jne. Muutub seejuures vorm (kokkutõmbumine) liikumise suund, liikumise kiirus jne. Ses suhtes võib neid võrrelda



3. joon. *Tradescantia* (juudihabeme) tolmukaniidikeste rakud. A: loomulikult voolav protoplasma. B: elektrivooluga ärritatud rakk, kus protoplasma tom-pudesse kogunenud.

1) Infusooride kultuuri valmistamiseks tarvis anumasse panna heina ehk rohtu ühes veega. Umbes nädala või paari pärast on seal leida infusore hulgana. Kultuuri alalhoidmiseks tarvis aeg-ajalt (umbes kord kuus) vett ja heinu uuendada, vana infusooride kultuuri vähe lisandades.

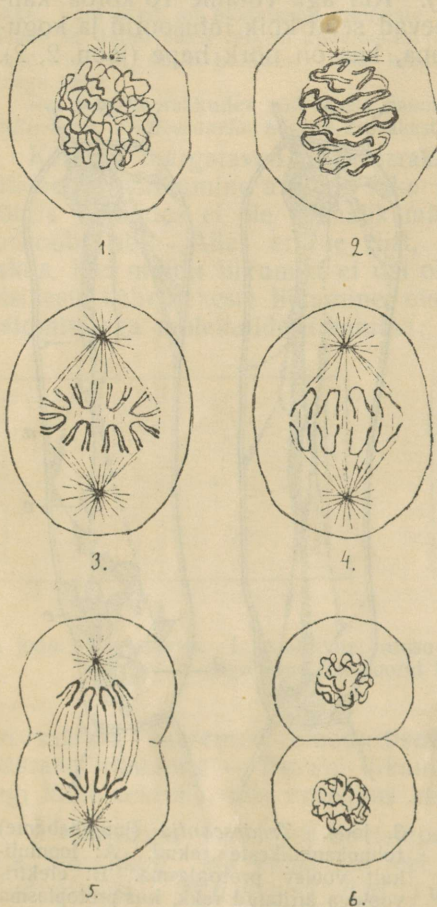
inimesega, sest temagi muudab oma elutegevust väliste ärrituste tagajärjel. Hakkab keegi muusika taktis käima, siis on väline ärritus — teatav õhuvõnkumine — tema käigu tempot muutnud.

Sama ärritatus! Ärritusest põhjustatud muutus nimetatakse **erutumuseks**.

Sigimine. Sigimine rajaneb raku pooldumisel. Uus hulkrakne indiviid tekib harilikult munaraku pooldumise tagajärjel, kusjuures tekkivad rakud kasvavad, muutuvad ja viimaks uue organismi moodustavad. Ainuraksed sigivad lihtsalt pooldumise teel.

Saab ainurakne või üldse rakk küllalt toitu, siis ta kasvab ja kogub aineid varuks. On rakk teatava suuruseni kasvanud, siis ta pooldub. Pooldumine ehk raku jagunemine on teatavasti kaheksugune: otsene (amitoos) ja kaudne (karüokinees). **Otsene pooldumine** esineb näiteks amööbi sigimisel. Tuum muutub piklikuks, hakkab siis keskelt peenikeseks jääma, soonistuma, mis seni jätkub kuni tuuma pooled teineteisest täiesti eralduvad. Protoplasmaagi soonistub ja tekib kaks iseseisvat amööbi. **Kaudsel pooldumisel** toimuvad tuumas kaunis keerukad muutused (4. joon).

Tuuma teralises või niidilises sisemuses hakkab enam ja enam silma paistma keerdus ehk vassis niit, mis lüheneb ja jämedustub. Varsti jagub niit tükkideks, mille sisemuses hakkab enam ja enam silma paistma keerdus ehk vassis niit, mis lüheneb ja jämedustub. Neid niiditükke nimetatakse kromosoomideks. Kromosoomides peitubki fosforisaldav aine kromatiin. Samal ajal leidub tuuma ühel küljel väike



4. joon. Kariokinees (skeem). 1: vassis kromatiin-niit. 2: tsentrosoomid lahku minemas. 3: kääv tsentrosoomide vahel ja kromosoomid käävi niitide vahel. 4: pikuti pooldunud kromosoomid lahku minemas. 5: protoplasma soonistumine. 6: kromosoomidest tekkinud tuumad ja kaheks jagunud rakk

arv looma- või taimeliigi järele on mitmesugune (2–128). Neid niiditükke nimetatakse kromosoomideks. Kromosoomides peitubki fosforisaldav aine kromatiin. Samal ajal leidub tuuma ühel küljel väike

terake — tsentrosoom ehk keskkehake, mille juurest kiired laiali lähevad. Tsentrosoom jagub, kumbki pool asub tuuma vastasotsa. Tsentrosoomide vahel asetsevad liniini niidid käävisarnase kujuna. Kromosoomniidid muutuvad V-sarnasteks, kogunevad käävi keskkohale, asuvad sinna nõnda, et otsad väljapoole ulatuvad ja nad kõik on siis ühel pinnal. Pärast seda jagub iga niit pikuti pooleks. Siis hakkavad niidipooled lahku minema, liginema tsentrosoomidele, misjuures kummalegi poole läheb ühevõrra niite. Edasi liginuvad kromosoomid üksteisele ja muutuvad, nii et tekib viimaks kaks tuuma. Soonistub ka protoplasma ja ühest rakust tekib kaks. Kromatiin-niidid on tähtsamad päritavate omaduste kandjad.

Paljud rakud sigivad hulkrakseski: kasvavad juuksed, nahk, tekivad uued verelibled jne. Osa suurema organismi rakke on aga pooldumisvõime kaotanud (ergurakud, lihasrakud). Organismi sigimiseks on erilised sugurakud.

Koed.

Nagu öeldud on iga rakk omaette elusolevus. Isegi organismist eraldatud rakud võivad elada toitelahuseis. Nii on näiteks võidud jälgida ergurakkude kasvamistki (eksplantaadis). Veekogudes elab palju iseseisvaid ehk vabu rakke — ainurakseid taimi ja loomi. Maismaal aga on täiesti valitseval kohal organismid, mis koosnevad sageli väga **suurest arvust rakkudest**¹⁾. Hulkrakses organismis ei saa iga rakk enam iseseisvalt ja omaette elada, sest seal on rakud üksteisega lahutamata seotud. Hulgani üheskoos elamise tagajärjel ei saa iga rakk omaette vabalt liikuda, nagu see võimalik amööbil või kingloomal. Hulgani koos elades ei saa enam iga rakk toitu võtta otseselt välisest keskkonnast, sest suur enamik rakke (lihasrakud, luurakud jne.) üldse ei puutu kokku välisilmaga. Hulkrakne organism — rakkude ühiskond — ei saa elada ilma tööjaotusest, nagu see on võimata arenenud inimesühiskonnaski. Kõrgesti arenenud inimesühiskonnas on teostunud kaugemale ulatuv **tööjaotus**. Erilisi ülesandeid täidavad põllupidajad, metallitöölised, rätsepad, kingsepad, ehitajad, kirjakandjad, tehnikud, teadlased jne. Inimene, kes kauemini üht tööd teeb, harjub sellega ja kulutab vähem aega kui vilumatu, s. o. ta suudab **kiiremini** ja **intensiivsemalt töötada**. Tööjaotuse tagajärel suudab töötaja omandada isegi hulga sääraseid oskusi, mis ilma selleta oleksid võimatud. Põllupidaja või karjapidaja, kelle aeg kulub niikui nii mitmesuguseiks tööks, ei suudaks olla osav mehaanik, insener, teadlane jne. Tööjaotus avab seega koguni **uued võimalused** ja **uued võimed**. Mehaanik jne. suudab teha seda, mis võimata

1) Inimese kehas loetakse 30 biljonit ($= 30 \times 1.000.000 \times 1.000.000 = 3.10^{13}$) raku. Palju kulub aega keha lammutamiseks, kui iga sekundiga kõrvalduks üks rakk?

primitiivses ühiskonnas (näit. karjakasvatataja suguharus). Töötavad säärased inimesed, kelle vahel töö jaotatud, hulganähtavalt koos, siis võivad nad ehitada suuri maju, laevu, raudteid, masinaid jne., mis kõik võimata ilma tööjaotuse ja koostööta. **Valitsev koht** looduses on võidetud koostööga. Võiks öelda, et tööjaotuse ja **koostöö** abil tehakse otsekui imet (viljakas põllundus, aiandus jne.), saavutatakse imestamisväärilisi tagajärgi. **Arvukas inimkond** ja elu **igas kliimas** on tööjaotuse ja koostöö tagajärg.

Rakkude ühiskonnas — hulkrakses organismis on samuti teostunud kaugeleulatav töö ja otus. Liikumiseks, katteks, seedimiseks, erutumuste juhtimiseks, toeks, sigimiseks jne. on mitmekesised **erilise vormi ja ehitusega rakud**. Rakkude **kujuline eristumine** (morfoloogiline **differentiatsioon**) on tööjaotuse tagajärg. Raku kuju ja ehitus oleneb sellest, mis ülesannet ta täidab (võrrelda kehaliselt töötaja kuju n. n. vaimutöölise kujuga). Rakkudevahelise tööjaotuse ja koostöö tagajärjel on võimalik intensiivsem funktsioon: kala võib lihasrakkude abil palju kiiremini ujuda kui amöüb või kingloom (nimetage teisi näiteid). Tööjaotuse ja koostöö tagajärjel avanevad ka uued võimalused ja võimed: nägemine ja kuulmine on olemas ainult küllalt arenenud hulkraksel organismel; kuival, maismaal suudavad takistamata elada hulkraksed, kel nahk kaitseb ära kuivamise eest; mänd suudab vett ja toitesooli hankida sügavalt mullast, mis võimata ainuraksel. Rakkude vahelise tööjaotuse ja koostöö tagajärjel tekivad organismid, kes on palju võimsamad ja **elujõulisemad** kui ainuraksed. Kõrgesti arenenud hulkraksed on maakeral **valitsevale kohale** tõusnud (võrrelda usse — putukaid; kahepaikseid, roomajaid — linde ja imetajaid), eriti maismaal.

Rakk **kaotab** organismis küll oma **iseisvuse**, kuid selle eest tekib elujõuline organism uute võimetega, kus igal rakul siiski küllalt soodsad elamisvõimalused. Lihasarakud on „osavad“ liikumises, kuid nad ei suuda toiduaineid seedida. Mao ja soolte näärmerakud valmistavad seedivaid mahlu, kuid nad ei suuda liikuda jne. Ei lihasrakud ega näärmerakud suuda omaette ehk iseisvalt elada, vaid nad sõltuvad üksteisest ja alles kõigi rakkude **koostöö** tagajärjel tekib elujõuline organism. Miljardest rakkudest koosnevad linnud ja imetajad kaugeleulatava tööjaotusega organismis on oma massi järgi esikohale tõusnud (kaasa arvata koduloomad ja inimene), kuigi nad maakeral tekkisid võrdlemisi hilja.

Ühes suunas differentseerunud ehk eristunud rakud moodustavad koe, **kude** koosneb seega oluliselt **ühesugustest rakkudest**, mis **teatavat ülesannet täidavad**. Koed on järgmised: 1) epiteliaal- ehk katekude, 2) tugi- (side)kude, 3) lihaskude ja 4) närv- ehk ergukude. Epiteliaal- ehk katekude katab välist

keha pinda ja õõneid (seedeorganite seesmist pinda jne.), olles kaitseks sisemisile kudedele. Tugi- (side-) kude moodustab kehale toese ehk skeleti ja seob ehk ühendab organite kudesid. Lihaskude omab võimet kokku tõmbuda ja seega põhjustada liigutusi. Ergukude juhivad erutumusi, mis tekivad meeleorganites jne. Iga koe rakud võivad olla asukoha ja loomaliigi järgi mitmekesised. Nii näiteks jaguneb tugikude side-, kõhr- ja luukoeks, millest veel igaüks omakord võib olla mitut laadi.

Organid (elundid) ja organisüsteemid (elundkonnad).

Teatava ülesande ehk funktsiooni täitmiseks ühinevad mitmekesised koed ja moodustavad organi.

Nii näiteks koosneb lihas peale lihaskoe veel sidekoest (see ühendab lihasrakke) ja ergukoest (lihaskude juurde minevad ergud). Lihase peamiselt sidekoene osa on kõõlus, mille abil lihas luusse kinnitub. Silm on moodustatud ergukoest (võrkkest), lihaskoest (rips- ehk läätseliigutaja lihas, silma liigutavad lihased jne.), katekoest (lääts on tekkinud katekoest, sarvkesta epiteel) ja sidekoest (valgekest, osa ripskeha). Ajus on peale ergurakkude veel sidekude, mis ergurakud koeks liidab. Aju veresoonis on lihaskudegi (silelihased).

Sagedasti töötavad mitu organit teatava ühise ülesande kallal. Nii näiteks on toidu ümbertöötamisel tegevad hambad, mälumihased, süljenäärmed, söögitoru, magu, sooled, maks, kõhunäärre jne. Teataval ühisel ülesandel tegevad organid moodustavad organisüsteemi ehk elundkonna. Peale 1) seedesüsteemi eraldatakse inimese kehas veel järgmisi süsteeme ehk elundkondi: 2) skeleti- ehk toessüsteem, 3) muskulisüsteem, 4) hingamisüsteem (kopsud, hingamislhased jne.), 5) soontesüsteem, 6) närvi- ehk ergusüsteem, 7) meeleorganid, 8) kate (nahk), 9) kuse- ja suguorganid.

Nii siis, harilikult toimub rea organite vahel koostöö. Koostöö peab seejuures sagedasti olema täpselt reguleeritud: mälumisel peab keel toitu hammaste alla juhtima, neelamisel peab kõrpealis hingetoru õigel ajal sulgema, sest muidu tungib osa toitu hingetorru jne.

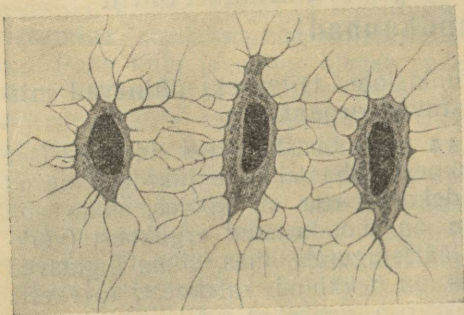
Tugi ja kulgemine.

Toidu leidmiseks (loomal on tarvis orgaanilisi aineid!) ja vaenlaste eest pagamiseks on loomal tarvis liikuda — kulgeda. Kulgemisel ehk lokomatsioonil (kohalt äraliikumisel), on

tegevad mitmekesised organid. Niihästi kulgemisel kui ka igal üksikliigutusel on kõige pealt tegevad lihased. Lihaste tegevus ehk funktsioon on aga seotud ergukava funktsiooniga. Luudki etendavad liigutusil tähtsat osa, kuigi luud ei ole ainult kulgemiseks.

Luud.

Veekogu põhjas elav loom ei lasu põhjapinnale, kui maisamaa loom seaduse põhjal kaotab veeloom vees



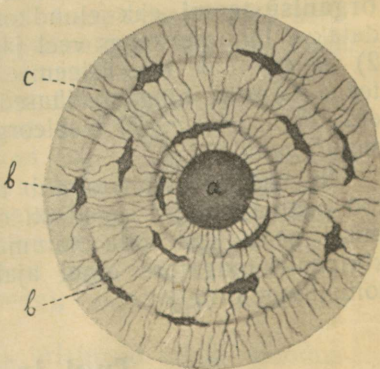
5. joon. Luurakud, 3 tükki, tuumadega ja protoplasmaliste ühenduslisanditega.

luud etendavad ülitähtsat osa liikumiselgi. Loomad, kel puudub tugi, võivad maismaal ainult aeglaselt liikuda (tigu, liimukas j. t.). Luude külge kinnituvad lihased, mis kogu keha liikuma panevad (luude — otsekui karkude toel). Nii siis — luud on ka **passiivseks liikumisorganiks**. Peale selle on luud **kaitseks** tähtsaile organeile: kolju — ajule, selgroog — seljaajule, rindkere luud — kopsudele ja südamele.

Luu ehitus. Luukude (tugikoe erivorm) koosneb luurakudest (vt. 5. joon.) ja põhiollusest, mis rakkude vahel. Põhiolluse tekitavad ehk nõristavad rakud. Suurem osa luust ongi kindel **põhiollus**, mille õõneis **rakud** (6. joon.) asetsevad. Põhiolluse õõned on üksteisega pee-

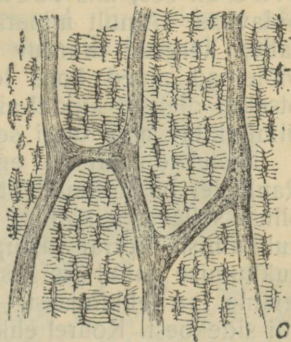
oma kehaga nii tugevasti maapinnale: Arhimedese oma kehakaalust niipalju, kui kaalub tema keha ruumalale vastav vesi. Seepärast on maismaa loomil, eriti suuremail, tugi iseäranis tarvilik (kujutle inimest ilma luudeta!). Maismaa selgrootisil ongi luud hästi arenenud ja moodustavad luukere ehk skeleti. Luukere on seega **tugi**, mille abil moodustuvad pehmemad koed sihvaka ja kauni kuju, nagu see on inimesel ja teisel selgrootisil.

Kehale toeks olevad



6. joon. Luu ristilõik. a: Havers'i kanal. b: õõned, kus peituvad luurakud. c: luu põhiollus, kihitudena ehk luuõhikutena.

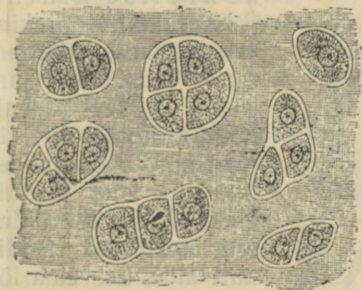
nikeste torukete kaudu ühenduses ja nende torukete kaudu lähivad protoplasmaniidid ühelt rakult teise juurde. Rakkude toitmiseks on luus suuremad torukesed (6. ja 7. joon.) — **Havers'i kanalid**, kus sees veresooneid (ka lümfisooneid ja ergud). Neisse kanalitesse avanevad luurakkude juurdest tulevad peened torukesed. Luurakud seisavad Havers'i kanalite ümber ringidena (6. ja 7. joon.), mispärast kaugemal asetsevad rakud saavad aineid vahetada arusaadavalt ainult kaudselt, nende ja veresoonte vahel olevate rakkude kaudu.



7. joon. Pikilõik toruluust. Joonisel näha Havers'i kanalid ja luurakkude õoned.

Luus leidub orgaanilisi ($\frac{1}{3}$) ja rohkesti anorgaanilisi aineid (kuni $\frac{2}{3}$ kuivatatud luu kaalust, peamiselt põhiolluses). Luu-rakud on tavalise koosseisuga (rohkesti valkaineid). Nagu kunagi orgaanilised ained, nii põlevad ka luu omad tules. Põlenud luu on päris rabe, nii et teda võib väga kergesti pulbriks teha (luutuhk).

Anorgaanilisist ehk mineraalainest on luus kõige enam **kaltsiumi** ühenduses fosforhappega [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 60—80%] ja süsihappega (CaCO_3 , 8—9%). Peale selle on luus vähemal määral veel **magneesiumi** ühenduses fosforhappega ja fluori ühenduses kaltsiumiga (CaF_2 , eriti hambais). Nimetatud anorgaaniliste ainete tagajärjel ongi luu **kõva** ja valge. Et luu sisaldab taimile tarvilikke aineid, siis kõlba luujahu väetisaineks.



8. joon. Kõhrkude; klaasises põhiolluses kõhrerakud, rühmiti, tuumaga.

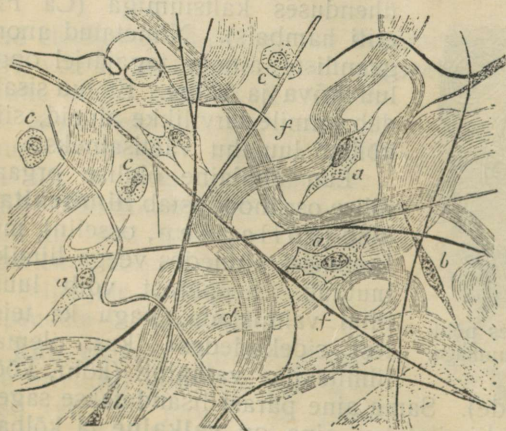
Luu põhiaine olulise orgaanilise osa moodustab **liimitekitav aine** (kolлаген, ossein), mis keetmisel ühinedes veega liimiks muutub. Seepärast võib luust liimi valmistada, nagu ka teistest sidekudedest, kus olemas liimitekitav valkaine (kõhr, kõõlused, nahaalune sidekude). Sama aine pärast lisandatakse sageli luid keetmisel supisse: liimitekitav aine on **valkaine** ja kõlba seega toiduks. Võrdlemisi lahja liimilahus moodustab jahtudes süldi. Želatiingi, mida roogadevalmistamisel tarvitatakse, ei ole midagi muud kui puhastatud liim (želatiini sült!). Luu liimitekitavat ainet võib kergesti eraldada anorgaanilisist aineist. Pannakse luu lahjendatud **soolhappesse**, siis lahustuvad tema

mineraalained (tuhkained) ja järgi jääb luuvormiga vinske ning paindub osa, mida võib isegi sõlmata nagu nõõri. Soolhape on luust anorgaanilised ained lahustanud (Ca Cl_2 lahustub vees!) ja järgi on jäänud vinske orgaaniline aine. Luu orgaaniline aine on see, mis teeb luu väga **sitkeks**, murdumisele vastupidavaks. Ainult mineraalaineist koosnev toessüsteem oleks liiga rabe, kergesti murduv (võrrelda paekivi — Ca CO_3 — luuga!). Mõlemad ained koos loovad kõva ja samal ajal sitke massi, otsekui oleksid kindel-aine osakesed kokku liimitud. Kõige pealt liimitekitav aine ongi see luu osis, mis põleb (isegi leegiga).

Lastel on luudes enam liimiandvat ainet kui täiskasvanuil. Raukadel on liimiandvat ainet luudes võrdlemisi vähe, aga tuhkolust sellevastu palju. Seepärast on ka laste luud põrutuste ja kukkumiste korral vastupidavamad. Rauga luud võivad hariliku kukkumise juhul kergesti murduda. Seletuse sellele nähtusele leiame luu tekkimisest. Lootes hakkavad luud kasvama kõhrest või sidekoest. Kõhrel ehk krõmpsluul on klaasine või kiuline põhiollus, kus sees rakud (v. joon. 8). Sidekoe või kõhre põhiollusesse koguneb kaltsiumsoolasid. Mida enam kaltsiumsoolasid põhiollusesse koguneb, seda enam omandab kude luu omadused (kõvaduse jne.). Et soolasid ikka rohkem luusse koguneb, siis on rauga luud arusaadavalt neist rikkamad, orgaanilisest aineist vaesemad. Kõhrest tekib suurem osa luukerest, luukond; sidekoest — osa pealuid. Pikad luud hakkavad luustuma keskosalt ja otsosadelt. Luustumisalade kokkupuute kohal seisab luu kaua luustumata,

kõhrelise kihina (kõhrliidus). Kõhrekliht kasvab, vanemad kõhr osad luustuvad järjest ja sel teel kasvab luu **pikemaks** (vt. 11. joon.). Vaagnaluude, pikkade käte ja jalgade luude kõhrliidused luustuvad täielikult alles kasveaja lõpuks (18.—22-sekseluaastaks).

Luud katab õhukese kilena **luuümbris** (periosteum), mis kaunis kõvasti luu külge kasvanud. Luuümbris on tihe, kiuline side-

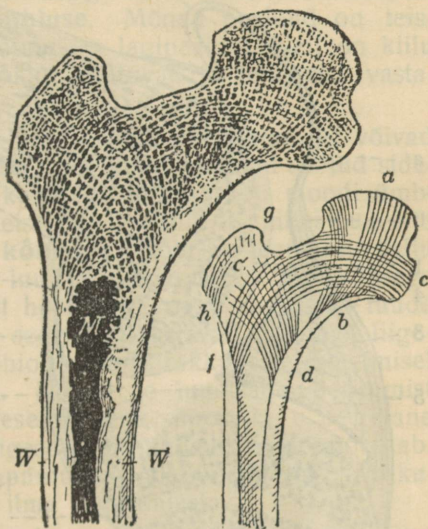


9. joon. Kohev kiuline sidekude. a, b, c: mitmekesised sidekoe rakud. d: liimiandjad kiud.

kude. Sidekoes (tugikoe erivorm) on samuti kui luukoeski rakud üksteisest põhiollusega eraldatud, nii et kiulises sidekoes

leidub rohkesti kiukesi ja vähe rakke. Kiukesed tekivad erilistest rakkudest. Sidekoe rakud võivad olla mitmekesised oma vormilt ja suuruselt. Kiukesed on liidetud rühmisse liimitekitava ainega (kollageen), kusjuures kiudude kimbud võivad koes asetada paralleelselt või mitmekesiseis asendeis (9. joon.). Luuümbrises on rikkalikult veresooni ja erkusid. Ergurikkuse pärast on luuümbrise vigastused väga valurikkad. Vastu luud asetsevas luuümbrise osas leiduvad rakud, mis luud valmistavad (luutekitajad rakud, osteoblastid). Nii viisi kasvab luu jämedamaks: ta pinnale tekivad uued luukihid. Sama rakude kiht tekitab uue luuka siis, kui luu on vigastatud (murtud või katki lõigatud). Kui aga luuümbris kõrvaldatakse või raskesti vigastub (näit. mädanemisel), siis luu ei parane. Ühes luu kasvamisega suureneb toruluu õõski: erilised rakud (luuhävitusrakud, osteoklastid) lahustavad luuaine ja selle asemele astub luuüdi. Nagu eelnevast näha, ei ole luu nii elutu, nagu paistab pealiskaudsel vaatlusel.

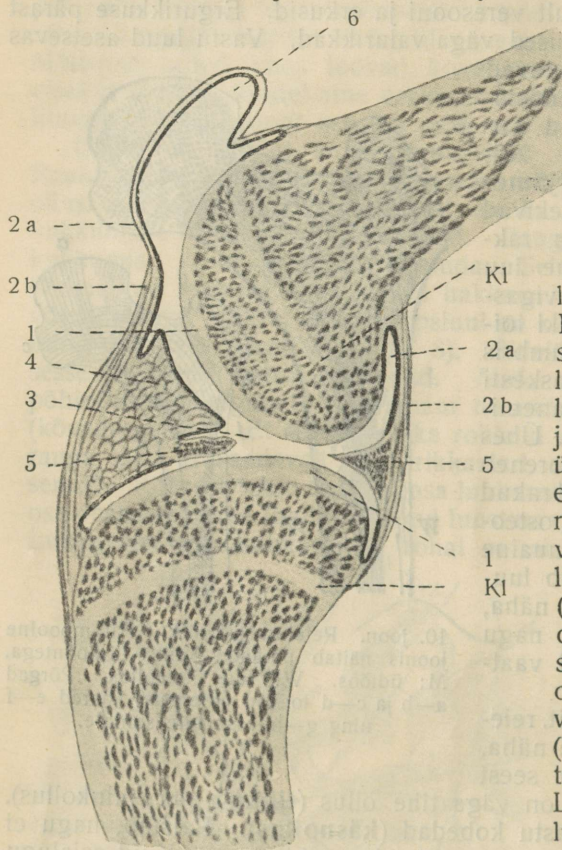
Pikkade luude (näit. reieluu) pikilõigul võib näha, et nende keskosa on seest õõnes ja et seinteks on väga tihe ollus (tihke- ehk plinkollus). Luu otsad on sellevastu kobedad (käsnullus). Paistab, nagu ei oleks luu küllalt tugeva ja vastupidava ehitusega. Kuid ajalugu on teisiti. Tihedad seinad on murdmisele ütlemata vastupidavad. Keskosa õõs ei vähenda vastupidavust, sest murdumist hoiavad kõige mõjusamalt ära just välimised osad. Kui näiteks puutükki murda (üles), siis kistakse tüki pealmisi osad laiali, kuna alumisi kokku litsutakse. Keskmised kihid kannatavad kiskumise või surumise all seda vähem, mida ligemal nad keskkohale. Seepärast, kui on välimised kihid kõvad, siis on asja raske murda, olgu ta seest õõnes või umbne. Et luud mitte läbi tihkeollusest ei koosne, siis on nad võrdlemisi kerged, mis on liikumisel suureks hõlbustuseks. Isegi kondi käsnullus on küllalt



10. joon. Reieluu pikilõik. Parempoolne joonis näitab põrkade käiku lihtjoontega. M: üdiõõs. W: luu tihkeollus. Põrgad a—b ja c—d toevad paremale, kaared e—f ning g—h vasemale seinale.

vastupidava ehitusega, ta on ehitatud kõvadest ristamisi asetatud vaheseintest (10. joon.). Vaheseinad ehk põrgad asetsevad mehaanika seaduse järele nii, et nad suudavad väga hästi rõhumisele vastu seista, nimelt võlvidena ehk kaartena. (Võrdle silla ehitusega).

Vaheseinte ehk põrkade vahele jäävad kandilised kambrikesed, kus on



ses **punane luu-üdi**. Toruluu suures õõnes peitub **kollane luu-üdi**. Punases luu-üdis on rikkalikult veresooni, kol-

lases palju rasvarakke. Luuüdi koosneb kiulisest sidekoest ja erilistest rakkudest. Üdi läbibistavad veresooneid ja ergud. Punase luuüdi erilistest rakkudest etendavad tähtsat osa rakud, millest tekivad vere punaliblede. Punaliblede tekitajad rakud (erütroblastid) poolduvad karüokineetiliselt, kaotavad viimaks oma tuuma ja muutuvad vere punalibledeks (erütrotsüütideks), sattudes vere ringvoolu. Lapseas on isegi toruluude õõnte üdi punane, kuna täiskasvanu toruluu õõne üdi sisaldab rohkesti rasvarakke, mispärast siis luuüdi kollane. Luuüdis tekib vere valge-

11. joon. Liiges. 1: kõhr. 2a ja 2b liigesekihnu sünoviaalne (a) ja sidekoene (b) kiht. 3: liigesõõs. 4: rasvamõigas. 5: vaheketas, sidekoene või kõhre. 6: limapaun. Kl: kõhrliidus.

liblesidki. Täheandab, luuüdi on tegev, **vereliblede** (punaste ja valgete) tekitamisel.

Luude sidumine. Luukere koosneb kaunis suurest hulgast luudest (üle 200). Alles see, et luid on kehas palju, võimaldab nende abil liigutused ja kulgemise, sest üksainus luu saaks olla

ainult toeks. Et hulgast luudest koosnev luukere oleks siiski küllalt kindel ja vastupidav, selleks on luud üksteisega hästi seotud. Luud on seotud kas 1) liikumatult või 2) liikuvalt. Luude liikumata ühendus leidub seal, kus puudub liikumistarvidus ja kus on luud kaitseks, nagu näiteks peas. Paljude pealuude ääred on õige hambulised. Naaberluude hambad on isekeskis vastamisi ehk vaheliti koos, nii et nad moodustavad kindla ühenduse, n. n. pärisõmbluse. Mõned pealuud on teistsuguse õmbluse abil seotud (oimu- ja lagipealuu). Neil on kiilu moodi õhukesed ääred, mis kokku puutuvad ja teineteist vastamisi katavad (soomusõmblus).

Liikuval sidumisel on luud nõnda ühendatud, et võivad üksteise suhtes kergesti liikuda. Sel juhul on luud seotud sidekoest **liigesekihnu** abil, mis kumbagi luutsa koti moodi ümbritseb, üle minnes ühelt luult teisele (11. joon.). Kumbki luuts on kaetud kokkupuute alal **kõhrega**. Kõhr on teatavasti palju vetruvam ja painduvam kui luu ja seepärast ei teki kõhrega kaetud luutsade vahel säärast hõõrumist, nagu see oleks luude otsesel kokkupuutel. Kõhred seega hõlbustavad liikumist liigeses. Kõhrkudegi koosneb põhiollusest ja rakkudest. Keetmisel tekib kõhre põhiollusest liim. Kõhreliste luutsade hõõrumist kahandab omalt poolt veel liigesevõie ehk sünoovia, s. o. limane valkuisaldav vedelik, mis liigesekihnu sünoviaalkiht nõristab. Seepärast toimub luude kokkupuutumisaladel — liigeseis — liikumine väga libedasti, peaaegu ilma hõõrumiseta.

Nagu 11. joonis näitab, on liigesekihnu sageli nii suur (see võimaldab laialdase liikumise), et luud võib teineteisest märksa eemale tõmmata, enne kui kihnu pinevile läheb. Kuigi luud võib teineteisest lahku tõmmata ilma liigesekihnu suure vigastuseta ainult siis, kui liigesekihnu õhku pääseb. Muidu takistab lahku tõmbamist **õhurõhk** nii kangesti, et ainult suurel jõukulutusel liigesekihnu katkemise tagajärjel luud teineteisest eemale kistakse (võrdle Magdeburgi poolkeradega). Õhurõhk on seega üks tegureid, mis luud kindlamini koos hoiab (tähtis eriti väga liikuvate liigete kohal).

Peale liigesekihnu on luud kinnitamas veel **sidemed**, tihedad sidekoosed kimbud, mis liigese liikuvust kahandavad ja lubavad liikuda sageli ainult teatavas suunas. Nii näiteks on kummalgi pool sõrmelülide-vahelisi liigeseid sidemed, mis lülidel kõrvale liikuda ei luba. Selle eest aga on luud säärases liigeses kindlamini seotud.

Luude kuju on mitmekesine. Luud on 1) pikad, 2) laiad ja 3) lühikesed. Pikki luud nimetatakse veel torulisteks, sest nad on keskosas seest õõnsad. Õõnes peitub täiskasvanuil kollane luu-üdi. Pikad luud on kätes ja jalus. Nemad, nagu

kangid ja kargud, võimaldavad kiireid ja osavaid liigutusi. Otsad on neil käsnollusest, mille vahedes asetseb punane luu-üdi.

Laiad luud on näiteks pea-, aba- ja niudeluud. Nende paksus on pikkuse ja laiusega võrreldes väike. Nende pinnal on võrdlemisi õhuke tihkeolluse kiht, kuna kõik sisemine osa on käsnollus, kus ka punane luu-üdi peitub. Õõs puudub neil.

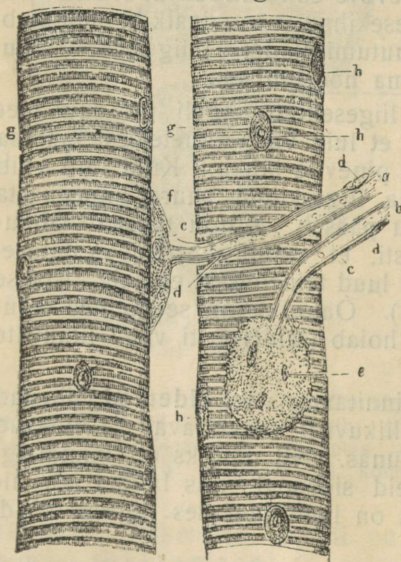
Lühikesed luud on niisugused, mille pikkus, laius ja paksus on pea ühesuurused. Sisemine ehitus on neil samasugune kui laiade luude käsnollusel. Lühikesed luud on näiteks randme-, põiapära-luud ja selgroo-lülid.

Luude pinnal leiduvad krobedikud, jätked, kõbrud, (kühmad), ogad ja harjad. Neile kinnituvad lihased ja säärase moodustised on seda rohkem arenenud, mida tugevamad on vastavad lihased. Krobedikude, jätkete jne. suuruse järgi võib otsustada, kas vastava isiku lihased olid puudulikult või hästi arenenud. Samal alusel tehakse otsusi väljasurnud (väljakaevatavate) loomade lihastiku arenemise kohta.

Lihased ehk musklid.

Vaadelda liha värskest ja keedetult, eriti lihase ristilõiku.

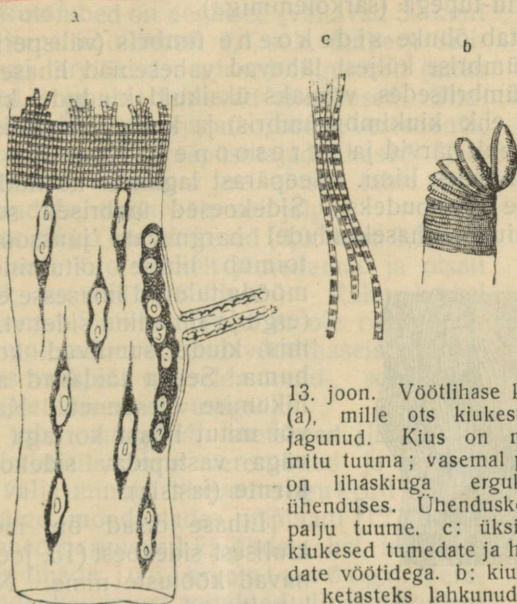
Luid, mis üksteisega liikuvalt seotud, võib võrrelda kangidega,



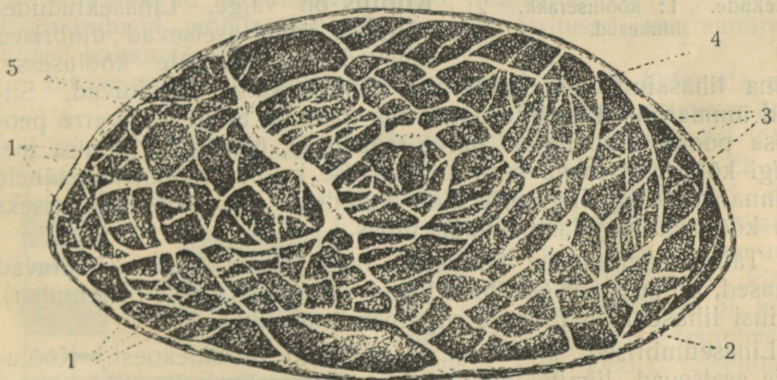
mis üksteise vastu või peale toetuvad. Luud pannakse liikuma lihaste, nimelt n. n. skeleti-ehk luustikulihaste abil. Lihaseid on 45% ümber kehakaalust. Skeetilihased (ja ka süda) on pruunikaspunased moodustised, mida igapäevases elus tuntakse lahja-ehk taigliha nime all. Skeetilihased koosnevad pikkadest kõrvuti olevaist kiududest (5—20 sm). Keedetud lihas on kerge üksikuid kiudude kimpe üksteisest otsekui niite lahutada. Mikroskoobi abil lihase vaatlusel osutub, et kiud on vöödilised, koosnevad tumedamaist ja heledamaist osakesist (12. joon.), mis vöödena risti kiudude pikisuunale asetsevad. Säärase ehitusega lihaseid nimetatakse vöötilihaseiks. Lahjas soolhappes või

12. joon. Kaks kõrvuti olevat lihasekiudu. a, b: lihasekiududesse minevad ergukiud. e, f: ergu lõppkühmad. c: ergukiutupp, neurilemm tuumadega. g: saikolemm, lihasekiutupp. h: tuum.

maomahlas lahkuvad need vöödid ketasteks ehk ratasteks, mis kiust ristipidi lahti lüüvad (13. joon.). Lihasekius peituvad kiukesed ehk fibrillid, mis samuti vöödilised (13 c. joon.).



13. joon. Vöotlihase kiud (a), mille ots kiukesteks jagunud. Kius on näha mitu tuuma; vasemal pool on lihaskiuga ergukiud ühenduses. Ühenduskohal palju tuume. c: üksikud kiukesed tumedate ja heledate vöötidega. b: kiu ots ketasteks lahkunud.



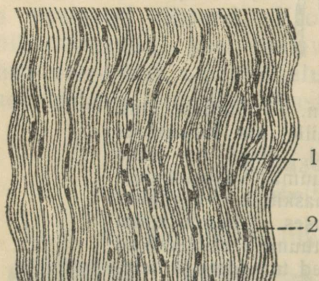
14. joon. Lihase ristilõik, vähe suurendatult. 1: Siseperimüüsiüm, kiukimbuümbris. 2: välisperimüüsiüm. 3: lihasekiudude kimbud. 4: erk. 5: veresooned.

Kiukeste vahel asetseb kujutu poolvedel aine, mida sarkoplasmaks (lihaseplasma) nimetatakse. Kiukeste ehk fibrillide rühmal on kattedeks ühine kest — sarkolemm (lihasekiu-

tupp), mille all leida üksikud laialipillatud tuumad. Lihasekiud koosneb seega hulgast kiukesist, hulgast tuumadest ja nende vahel asetsevast ainest (sarkoplasmast), mis kõik ümbritsetud ühise lihasekiu-tupega (sarkolemmiga).

Lihast katab õhuke sidekoene ümbris (välisperimüüsiüm). Välise lihaseümbrise küljest lähevad vaheseinad lihase sisemusse (14. joon.), ümbritsedes viimaks üksikuid kiudude kimpe (sisperimüüsiüm ehk kiukimbu-ümbris) ja kiude. Ümbriseis peituvad ergud ehk närvid ja veresooneid. Keetmisel lahustuvad ümbriksed, tekitades liimi. Seepärast laguneb keened liha kergergi kiudude kimpudeks. Sidekoosed ümbriksed seovad ehk ühendavad kiude, lihasekiududel hargnevate juussoonte kaudu

toimub lihase tootmine, erkusid mööda tulevad lihasesse erutumused (ergu ja lihasekiu sidet vt. 12. joon.), mis kiude sunnivad kokku tõmbuma. Seega täidavad ainult kiud liikumise ülesannet. Kas üksikut või mitut lihast korruga katab veel väga vastupidav sidekoene sidekirme (fastsia).



15. joon. Kõõlus, tihedalt kiuline sidekude. 1: kõõluserakk. 2: kiukesed.

Lihase otsad on moodustatud kiulisest sidekoest (15. joon.) ja kannavad kõõluste nime. Nende abil kinnituvad lihased luude külge.

Kõõlus on valge. Lihasekiudude kimpude vahel asetsevad ümbriksed lähevad pidevalt üle kõõlusesse, kuna lihaskiud oma otsade abil kõõluse külge kinnituvad. Sitked ümmargused moodustised, mis näha ja tunda käsivarre peopesa poolel, painutatud põlve tagaküljel, ülevalpool kontsa jne. ongi kõõlused (rahvas seas nimetatakse ka neid soonteks; tähele panna kõõluseid liigutuste ajal, kobides). Hõlpsaks liikumiseks on kõõlused sagedasti limaga tipes.

Täiesti samasuguse ehitusega, nagu luude külge kinnituvad lihased, on mitmed sõõrlihased (suu, silma, pärasoole otsa ümber). Erilisi lihaseid on inimese organismis üle 300.

Lihaseümbrised, sidekirme ja kõõlused on sidekoest. Kõõluseis asetsevad liimitekitavad kiukesed paralleelselt. Sidekirmes ja teatavalt kõõluseis (näolihaste kõõluseis jne) leidub veel elastilisi (venivaid) kiukesi.

Lihase koosneb peamiselt veest (ümmarguselt 74% ehk $\frac{3}{4}$) ja **valkaineist** (mitu erivalku, kokku ligi 21%), peale selle mineraalaineist (eriti fosforhapu kaalium j. t.), rasvast jne. Lihase punane värvus on tingitud tema hemoglobiinist.

Vöotlihaste kokkutõmbed võivad toimuda niihästi tahteliselt kui ka ilma tahte kaastegevuseta. **Silelihased** sellevastu töötavad **tahtest sõltumata** ja pealegi ilma et me sellest teaksime. Silelihase kokkutõmbed on aeglased (vältavad 50 kuni 100 sek., kuna vöotlihasel 0,1 sek. ümber). Siskonnas ongi tarvilikud aeglased liigutused (miks mitte kiired?) ja seal leiduvad silelihased. Silelihased leiduvad söögitoru, mao, soole, veresoonte, põie seinus, nahas (karvapüstitajad lihased) jne.

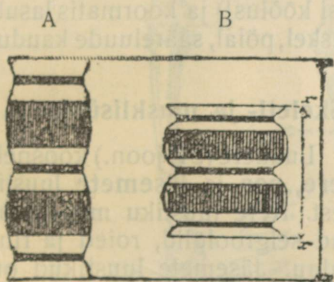
Magu, sooli, veresooni jne. ei saa tahte järgi liikuma sundida, nagu kätt või jalga.

Silelihas-rakud on lühikesed (0,05 kuni 0,2 mm) käävikujulised, s. o. keskelt jämedamad ja otsalt peenikesed, teravad (16. joon.). Raku keskel asetseb tuum. Silelihas-rakud ei ole risti-vöödilised. Samuti erinevad nad vöotlihaseist värvuseltki, olles **valkjad** (vörrelda mao-, sooleseina värvust skeletilihase värvusega!).

Nagu juba märgitud, asetsevad lihase- ja lihasekiukimbu-ümbriseis veresooneid ja ergud. Kestadest välja minnes lähevad ergukiud lihasekiudude külge, moodustades otsplaadi (12. joon.), ja veresooneid hargnevad kiudude vahel, tekitades seal kaunis tiheda juussoonte võrgu. Veresooni mööda kanduvad toitained lihasrakkudeni ja kõrvalduvad kõlbmatud ained, laguained. Ergukiudusid mööda tulevad lihasesse ärritused, mis sunnivad lihase kokku tõmbuma.



16. joon. Silelihas-rakud; iga ühe keskel näha tuum.



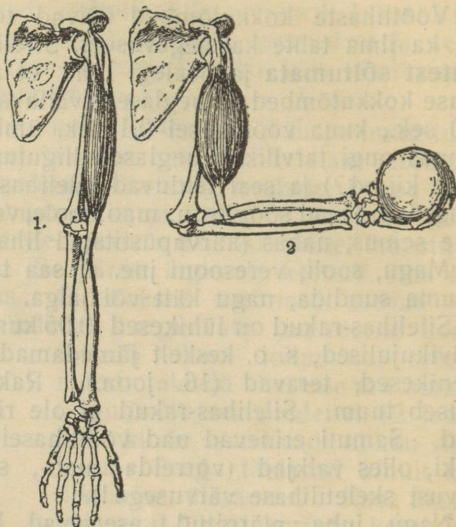
17. joon. Rahu (A) ja kokkutõmbunud (B) lihasekiud (xx: esimene, x'x': teise pikkus).

Lihase ainuke tegevus seisab selles, et ta võib lüheneda ehk **kokku tõmbuda** (vastavate ärrituste toimetel). Kokkutõmbel lüheneb iga kiud (17. joon.). Et aga skeetilihas on kinnitunud ühe otsaga ühe, teise otsaga aga hoopis teise luu külge, siis on arusaadav, et kokkutõmbel kisub lihas neid luid — täpsemini, kõõluste kinnituskohiti — teineteisele ligemale (18. joon.). Seejuures toimub vastavate luude liigeses nihkumine ehk liikumine teineteise liigespinda mööda.

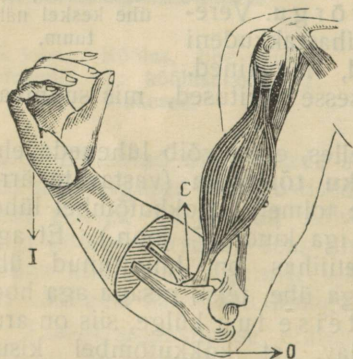
Luid võib vörrelda kangidega, mida lihased liikuma panevad.

Kangid on aga teatavasti kahte laadi. Kahepoolisel kangil on tugipunkt teatavasti keskel, koormatis ja jõu rakenduspunkt

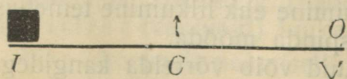
otsadel. Ühepoolisel kangil on tugipunkt otsal. Kahepoolse kangi taoliselt töötavad näiteks kaelalihased. Sirutatakse pead tahapoole, siis tõmbavad tagaümmardatud tagant poolt (jõu rakenduspunkt); tugipunktiks on selgroog (kangi keskel) ja koormamiseks on pea eesmine pool. Käsivarre luud (eriti küünarluu) on ühepoolne kang (19. ja 20. joon.). Tugipunktiks käsivarrele on küünarliiges, kokku puute koht õlavarre luuga. Jõu rakendus-



18 joon. Kahepeane lihas. 1: lõtv. 2: kokku tõmbunud.



19. joon. Küünarvars ühepoolse kangina. O: tugipunkt. I: koormatus. C: jõu rakenduspunkt.



20. joon. Ühepoolne kang küünarvarrega võrdluseks. O: tugipunkt. I: koormatus. C: jõu rakenduspunkt.

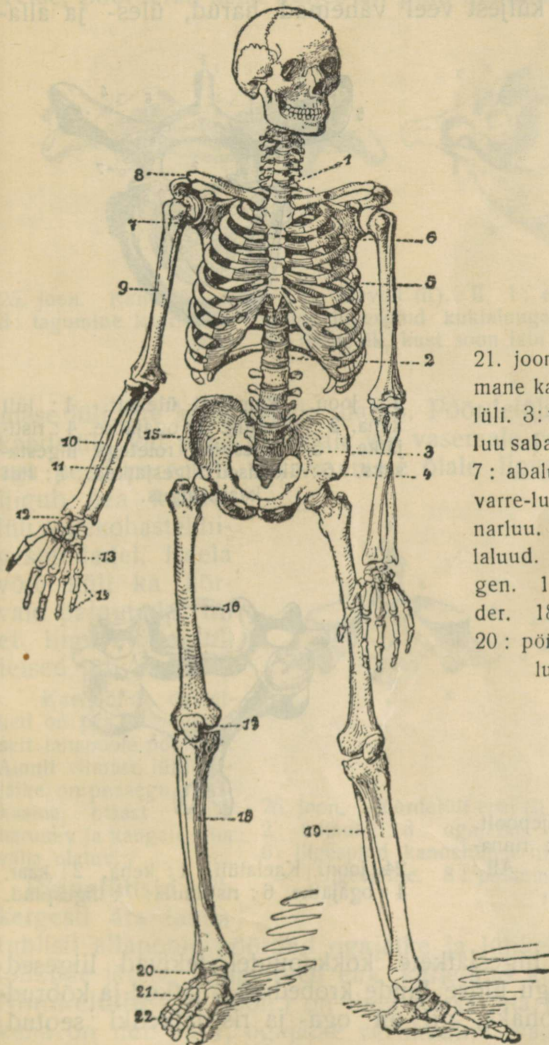
punkt on kahepease lihase kinnituspunkt kodarluule (vt. 19. joon. C). Koormatis asetseb peos. Varbail seistes on toeks varbad ja põialaba, jõu rakenduspunkt kontsluu (ahillesi kõõlus!) ja koormatis lasub keskel, põial, sääreluude kaudu.

Skeleti- ja muskulisüsteem.

Luukere (21. joon.) koosneb kere, pea ja jäsemete luustikest. Kere luustiku moodustavad selgrootülid, roied ja rinnaluud. Jäsemete luustikud on võõtmeluudega seotud lülisambaga. Pealuud moodustavad õõnsa karbi, kus aju varjul.

Luukere nii-ütelda peasamba moodustab lülisambas ehk selgroog (22. joon.), mille külge kõik teised osad

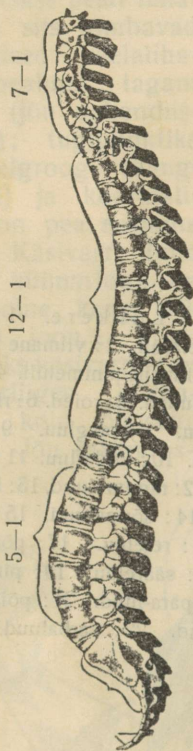
(otseselt või kaudselt) kinnituvad. Lülisammas on kogu kere tugi. Ta koosneb üksikuist **lülidest**, mis on igas kehaosas iselaadi vormiga. Harilikult on igal lülil järgmised osad: **lülিকেha** (keres



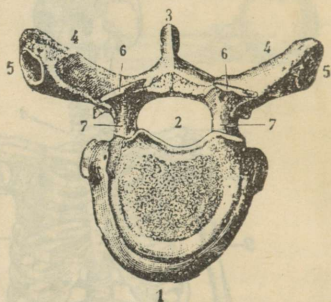
21. joon. Luukere. 1: viimane kaelalüli. 2: viimane rinnalüli. 3: viimane nimmelüli. 4: ristluu sabaluuga. 5: roied. 6: rinnak. 7: abaluu. 8: rangluu. 9: õlavarre-luu. 10: kodarluu. 11: küünarluu. 12: randmeluud. 13: kämbaluud. 14: sõrmeluud. 15: vaagen. 16: reieluu. 17: põlvekeeder. 18: sääreluu. 19: pindluu. 20: põiapära-luud. 21: põialabaluud. 22: varbaluud.

eespool), **kaar** (selja pool) ja **jätked** (23. joon.). Lüli on lühike ja paks luu, mille selgmisest küljest lähevad kaks haru. Need harud liituvad varsti teineteisega, moodustades kaare. Lülide kaarist tekib lülisamba kanal, kus peitub seljaaju. Kaarest otse

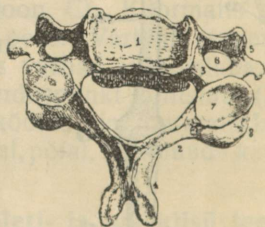
taha selja poole läheb lühem või pikem ogajätke, kaare külgedelt kummaltki poolt — ristijätke. Lülid koosnevad käsnollusest, mille kambrikesis peitub punane luuüdi. Lülipinnal võib märgata mulke, mille kaudu veresooned ja ergud lülisse lähevad. Peale selle lähevad kaare küljest veel vähemad harud, üles- ja alla-



22. joon. Lülisambas küljepoolt. 1—7: kaelalülid. 1—12: rinna-
lülid. 1—5: nimmelülid. All:
ristluu ja sabalülid.



23. joon. Rinnalüli ülevalt. 1: lüli
keha. 2: lüli mulk. 3: ogajätke. 4: risti-
jätke. 5: liigespind roietega liigestu-
seks. 6: ülemised liigesjätked. 7: lüli
kaare algus.



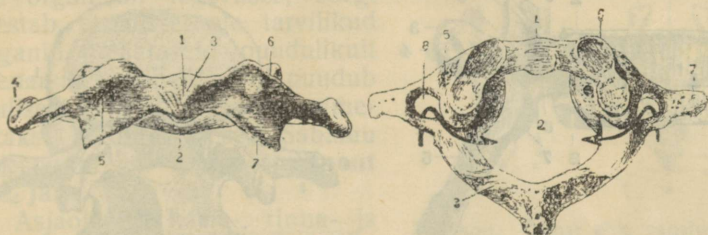
24. joon. Kaelalüli. 1: keha. 2: kaar.
4: ogajätke. 6: ristimulk. 7: liigespind.

poole. Nende n. n. liigesjätkede kokkupuutel tekivad liigesed (23. ja 27. joon.). Nagu üldse luude krobedikud, jätked ja kõbrud on lihaste kinnituskohaks, nii on oga- ja ristijätkedki seotud lihastega.

Lülisambal eraldatakse kaela — 7 lüli, rinna — 12 lüli, nimme — 5 lüli, ristluu — 5 ja saba piirkonda 3 kuni 5 lüli (22. joon.). Seega on lülisambas kokku 32 kuni 34 lüli.

Kaelalülid ristijätkeis on mulk soonte ja erkude jaoks.

Ogajätkel on ots kaheharuline (24. joon.). (Üksikasjalisem kirjeldus mitte päheõppimiseks, vaid skeletil **vaatlemiseks**). Iseäraline kuju on esimesel ehk **kandelülil** (*atlas*) ja teisel ehk **pöördelülil** (*epistrophaeus*). Esimene, kandelüli, on ilma kehata (25. joon.). Teise, pöördelüli keha küljes on pikk **hammas** (26. joon.), mis esi-



25. joon. Kandelüli eest (I) ja ülevalt (II). II. 1: eesmine kaar. 2: üdiauk. 3: tagumine kaar. 6: ülemine liigespind kuklaluuga liigestumiseks. 7: ristijätke. 8: ristimulk, kust soon läbi läheb.

mese lüli ette keha kohale ulatub. Pöördelüli hamba ümber tiirleb kandelüli, kui pead paremale või vasemale poole keerutame. Kui aga pead paremale või vasemale õlale ligemale painutame, siis liigub pea kandelüli sellekohastel liigespindadel. Kaela võib küll ka kõrvale painutada, nii et liiguvad ainult teised lülivahed.

Kaelalülide ogajätked on pea horisontaalselt tahapoole pöördud. Ainult viimase lüli ogajätke on peaaegu vertikaalne, otsast mitte harunev ja kaugemale taha välja ulatuv.

Rinnalülisid võib kergesti ära tunda

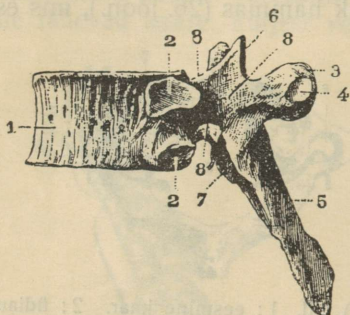
tublisti allapoole pöördud ogajätke ja lülikeha külgedel asuvate lohkuude järele, kuhu roied ehk küljeluud kinnituvad (27. joon.). **Nimmelülid** (28. joon.) on ilma lohkuudeta lülikeha küljel. Lülikeha on neil suur, ogajätke vertikaalne (vaadelda).

Ristluu-lülid (29. joon.) on kõik üksteisega kokku kasvanud (eбалülid). Nende laienenud jätkedki on kokku kasvanud üheks tugevaks kiilukujuliseks moodustiseks, mis on kindlaks toeks ülevalasetsevale lülisambale. Ristluu külge kinnituvad puusaluud

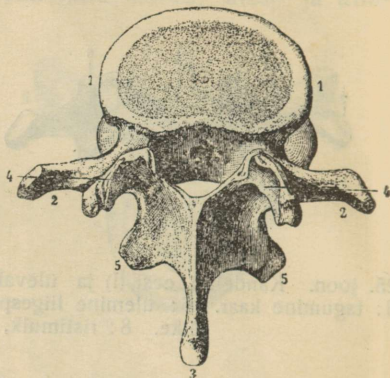


26. joon. Pöördelüli eest (I) ja tagant (II). II. 1: keha. 2: üdiauk. 3: ogajätke. 4: ristijätke. 5: kaar. 6: liigespind kandelüliliga liigestumiseks. 7: alumine liigesjätke. 8: põikauk. 9: hammasharu.

ja viimaste külge omakorda tagumiste jäsemete luustikud. Ristluudele lasub seega kogu kere raskus (+kätel või kerel kantav raskus) ja seepärast ongi nad tugeva ehitusega. Arusaadavalt

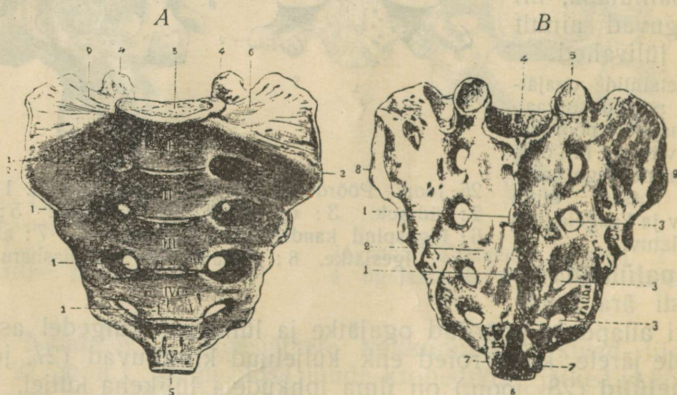


27. joon. Rinnalüli kõrvalt. 1: keha. 2: liigespinnad roietega liigestumiseks. 3: ristijätke. 4: liigespind roie kõbrukesega liigestumiseks. 5: oga-jätke. 6, 7: ülemine ja alumine liigesjätke. 8: kaare algus.



28. joon. Nimmelüli. 1: keha. 2: risti-jätke. 3: ogajätke. 4, 5: liigesjätked.

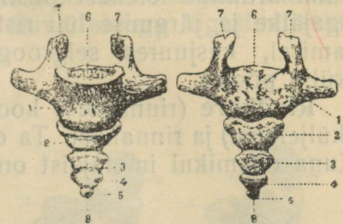
lasub nimmelülidelegi suurem raskus kui kaelalülidele, eriti kui kätel või seljas midagi kantakse, ja vastavalt sellele on nimmelülid tugevamad kaelalülidest.



29. joon. Ristluu eest (A) ja tagant (B). I—V: lülid. Esmiste mulkude (A₁) kaudu lähevad ergud seljaajust jäsemesse.

Ristluude kitsa alumise otsa küljes asetseb **sabaluu** ehk **õnnar**, mis koosneb 3 kuni 5 lülist (30. joon.) Ainult esimesel s a b a -

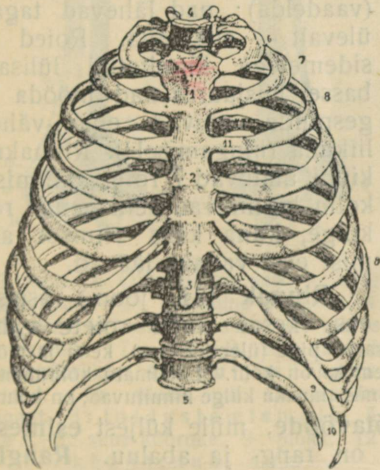
lülil on väikesed jätked, mis aga kaareks kokku ei liitu. Teistel õndralülidel puuduvad needki. Seega on õndralülid üldse hoopis kidurad, lihtsustatud ehitusega. Neil ei ole enam mingit elulist ülesannet. Et nende arv on kõikuv (3 kuni 5), ilma et sellega oleks seotud mingi eriline muutus organismi tegevuses, seegi tõestab, et nad ei ole tarvilikud organid. Sääraseid puudulikult arenenud organeid, mil puudub eluliselt tähtsam ülesanne, nimetatakse rudimentideks. Sabaluu ehk õnnar on seega **rudiment** ehk **jäde**.



30. joon. Õnnar ehk sabaluu, eest (I) ja tagant (II). 1—5: üksikud lülid. 6: lüli keha. 7: kaare otsad.

Asjaolu, et kaela-, rinna- ja nimmelülid ei ole omavahel kokku kasvanud, võimaldab kaela ja kere liikuvuse ning paindumise (katsuge, kuidas võib kere liigutada?). Et lülid kerele siiski küllalt püsivaks toeks oleksid, selleks on nad omavahel sidemetega seotud, mis tugevasti piiravad liikuvust. Alles rea lülide omavaheline nihkumine võimaldab suurema painutuse või sirutuse ja tiirutuse. Lülide vahel asetsevad **kõhred ketastena**, mis on kumerad. Kõhre kumerus on kohane selgroo liikumisel ja tema vetruvus ehk elastsus nõrgendab **tõukeid ja põrutusi**, mis tekivad kõndimisel või hüppamisel. Suuremail hüppeil on kõhrel eriti suur tähtsus: poleks neid, siis puruneksid või murduksid lülid, või peaksid nad olema palju tugevama ehitusega ja seega raskemad ning kohmakamad.

Et lülid kerele siiski küllalt püsivaks toeks oleksid, selleks on nad omavahel sidemetega seotud, mis tugevasti piiravad liikuvust. Alles rea lülide omavaheline nihkumine võimaldab suurema painutuse või sirutuse ja tiirutuse. Lülide vahel asetsevad kõhred ketastena, mis on kumerad. Kõhre kumerus on kohane selgroo liikumisel ja tema vetruvus ehk elastsus nõrgendab tõukeid ja põrutusi, mis tekivad kõndimisel või hüppamisel. Suuremail hüppeil on kõhrel eriti suur tähtsus: poleks neid, siis puruneksid või murduksid lülid, või peaksid nad olema palju tugevama ehitusega ja seega raskemad ning kohmakamad.



31. joon. Rindkere eest. 1: rinnakupide. 2: r.-keha. 3: r.-mõõkjätke. 4: rindkere ülemine avaus; 5: alumine avaus. 6—10: roied. 11: roiete kõhrelised osad.

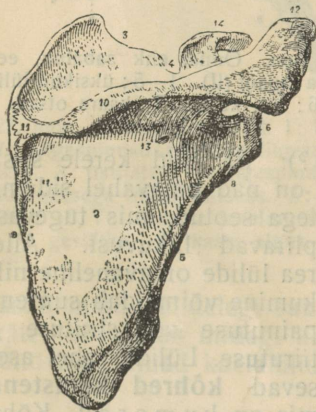
kumerusega ettepoole kaela ja nimmelülide kohal (vt. 22. joon.). Kõverus suurendab mehaanilist kandejõudu. Peale selle vähendab kõverus põrutust ja tõuget (hüppeil!), nagu vankril vedru. Ahvidel (ka lapsel enne kõndima hakkamist) ei ole selgroog S-taoli-

Lülisamm on enam-vähem S-taoliselt kõver,

selt kõver ja ühenduses sellega on neil seismine ja raskuste kandmine palju pingutavam.

Lihased, mis ogajätke külge kinnitatud, tõmbavad arusaadavalt neid üksteisele lähemale, kusjuures selgroog sirgub (näit. kummardunud olekust püstiajamine). Lihased, mis kinnituvad ogajätke ja järgmise lüli ristijätke külge, on tegevad kere tiirutamisel, kusjuures selgroog enam-vähem keerdu tõmmatakse (külje poole).

Rindkere (rinnakorv) koosneb 12 rinnalülist, 12 paarist roiest (küljeluust) ja rinnakust. Ta on ülevalt kitsas, alt lai (vt. 31. joon.). Kuna enamikul imetajaist on rindkere kokkusurutud küljepooltelt (koer, veis jne.), on ta inimesel ja inimese sarnaseil ahvidel laienenud just külgede poole. Säärane rindkere ehitus on kohane puude otsa ja ka oksil ronimiseks.



32. joon. Abaluu. 3: ülemine serv. 5: kaenlaserv, küljepoolne. 6: liigeslohk. 7: alumine nurk. 9: keskepoolne serv. 10: hari. 12: õlanukk. 14: ronganokk-jätke.

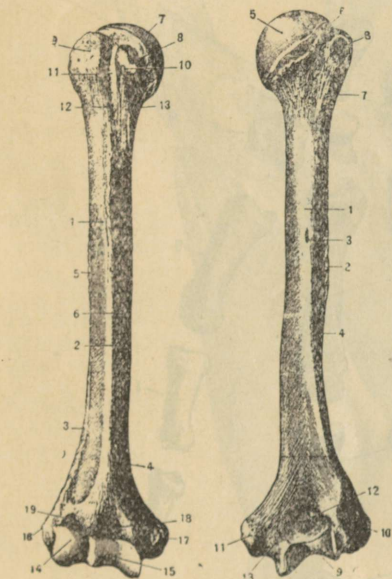
Roied on pikad lapikud (mitte torulised) luud, Roiete seljapoolne osa on kõrgem kui kõhupoolne (vaadelda): nad lähevad tagant ülevalt — ette alla. Roied on sidemetega kinnitatud lüliambasse, kusjuures nad mööda liigespinda võivad enam-vähem liikuda (hingamisel!). Rinnakuni kinni ulatuvad 7 roiet; alumised kolm kinnituvad seitsmenda roie külge, kuna kaks viimast alumist eest vabaks jäävad.

Rinnak (31. joon.) asetseb ees, keset rinda roiete vahel.

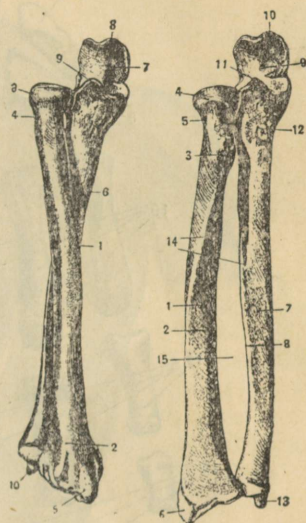
Tema on kokku kasvanud kolmest osast: pide (ülemine osa), keha ja mõökjätke (alumine osa), mille vahedel sidemeks on kõhr. Liikumatu kõhrühendus luustub lõpuks. Roiete esimesed otsad, mis rinnaku külge kinnituvad, on kõhrest.

Rindkerega ühenduses on **õlavööde**, mille küljest **esimesed jäsemed** algavad. **Õlavööteks on rang- ja abaluu.** **Rangluu** (21. joon.) on S-taoline toruluu eespool rindkere. Tema keskepoolne ots on rinnaku pideme külge köidetud, küljepoolne — abaluu õlanuki külge (vaadelda). Rangluu hoiab õlavarre-luu rindkerest eemal, nii et ta vabalt võib liikuda. Kui rangluu murdub, siis langeb õlavarre alla ja hõõrdub vastu rinda, mis suuresti takistab jäseme liikumist. Tagapool rinda asetseb lai kolmnurkne **abaluu** (32. joon.). Eesmine enam-vähem nõgus pind on vastu roieid. Tagumisel vabal pinnal on tal kõrge hari, kuhu lihased kinnituvad. Küljepoollel tekitab hari kaunis suure

väljaulatuva jätke, n. n. abaluu õlanuki. Tema külge, nagu nimetatud, kinnitub rangluu. Abaluu ülemisest äärest tuleb ettepoole noka moodi haru, mida nimetatakse ranganokk-jätkeks. Kummagi jätke vahel asetseb side, mis takistab õlavarreluu ülespoole nikastumist. Abaluu küljepoolses nurgas, mis on kõige paksem koht, on liigeseõõnsus, õlavarreluuga liigestumiseks (vaadelda).



33. joon. I. Õlavarreluu eest. 1: külgmise pind. 2: keskmine pind. 3, 4: külgmise ja keskmine serv. 6: toidustamismulk. 7: pea. 9, 10: suur ja väikeköbriku. 14: kuuljas liiges-pind. 15: plokk. II. Õlavarreluu tagant. 3: toidustamismulk. 5: pea. 8: suur köbriku. 9: plokk. 12: küünarnuki auk.



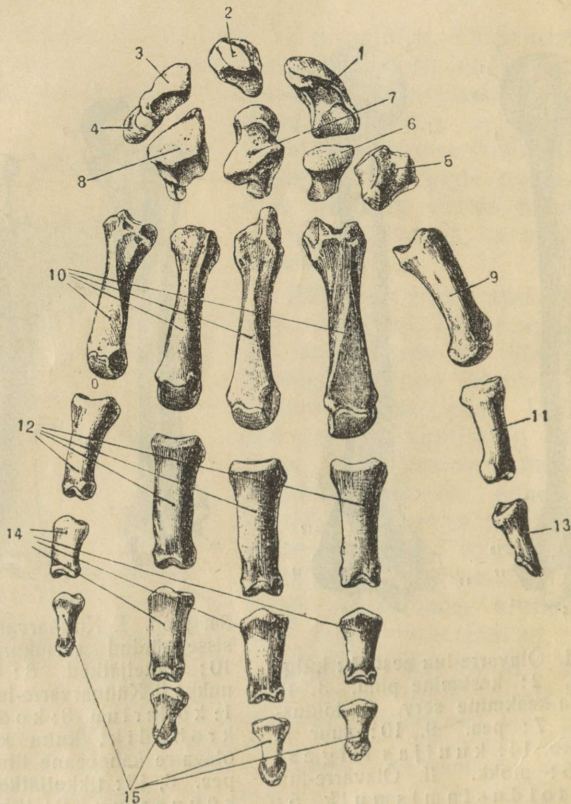
34. joon. I. Kõnärvarreluud sissepõõrdud seisukorras. 5, 10: tikkeljätked. 8: küünarnukk. II. Kõnärvarreluu eest. 1: kodarluu. 3: kodarluu krobedik, kuhu kinnitub õlavarre kahepeane lihas. 4: pea. 6, 13: tikkeljätked. 7: küünarluu. 9: liiges-pind. 10: küünarnukk. 14: toidustamismulgud.

Esimeste jäsemete luustik jaotatakse kolme ossa; õlavarre-, küünarvarre- ja käeluud.

Õlavarreluu (33. joon.). Ülemises otsas on tal poolkera-kujuline pea, mis on abaluuga liigestatud. Kerakujulise liiges-pinna tõttu võib õlavars igas sihis liigutusi teha (võrdle koe-raga!). Peast külje pool seisab 2 köbrikest, kuhu suured lihased kinnituvad. Õlavarre alumises otsas on kaks liiges-pinda:

välimine kuulisarnane, sisemine — plokkpind. Viimast nimetame plokkpinnaks, sest kõrvale liikumine ses liigeses ei ole võimalik.

Küünarvarres on küünar- ja kodarluu (34. joon.). **Küünarluu** asetseb keske pool, kodarluu külje pool (kui peopesa eespool). **Küünarluu ülemine** ehk ligem ots moodustab küünarnuki, mille eespoolel on suur poolkuu-sarnane sälk, mis

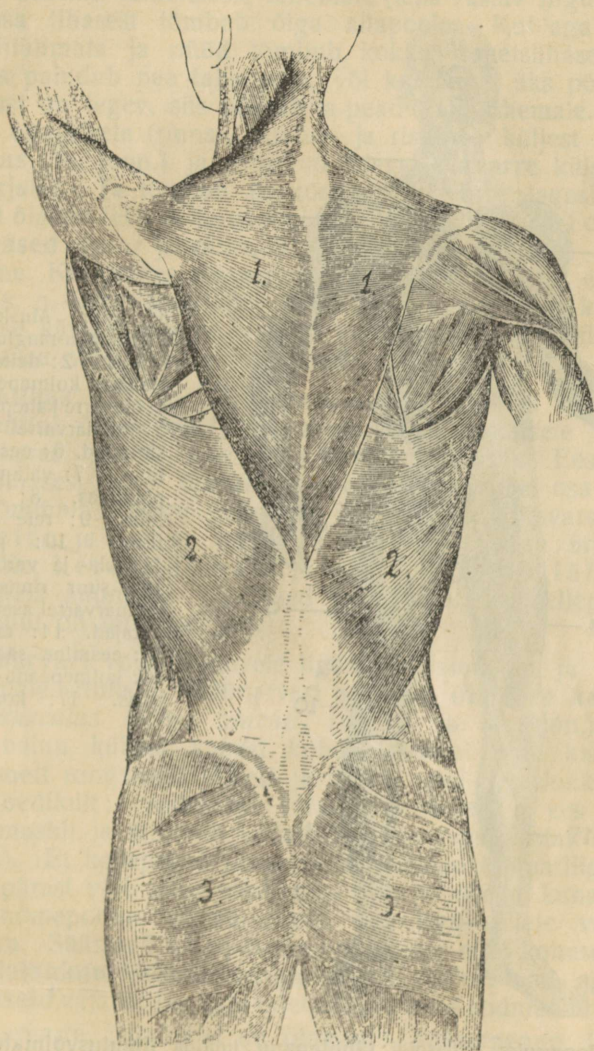


35. joon. Käeluustik seljapoolt. 1—8: randmeluud (lodiluu, kuuluu, kolm-kantluu, hernesluu, suur ja väike hulknurkluu, peane luu, konksluu). 9—10: kämblaluu. 11—15: sõrmelülid.

õlavarre plokkpinnaga on seotud. (Küünarluu alumises osas asetseb tikkeljätke, mis on kergesti märgatav väikese kühmuna naha all). **Kodarluu** ülemine ots moodustab väikese pea; alumine ots on aga tugev ja kandiline, kus samuti tikkeljätke.

Käsi (*manus*) koosneb randme-, kämbla- ja sõrmeluudest (35. joon.). Kaheksa lühikest **randmeluud** seisavad kahes reas.

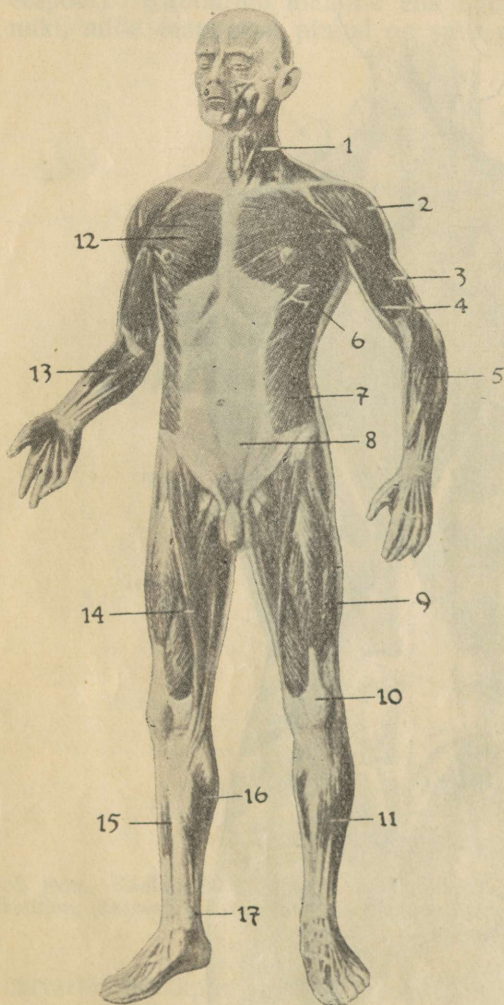
Kämbaluud on pikad toruluud, mis kõrvuti olles tekitavad peopesakoha. Sõrmeluid on kokku 14. Sõrmedel on 3 lüli, välja arvatud põial, millel on ainult 2 lüli. **Sõrmelüli-otsade**



36. joon. Seljapoolsed lihased. 1: trapetslihas. 2: lai seljalihas. 3: tuharlihas.

pinnad on niisugused, et nad lasevad lülidel ainult ühes sihis liikuda (plokk).

Ülesandeid. Katsuge skeletti vaadeldes määrata, kus peab asetsema ja kuidas kinnituma esimest jäset küljepoolse ülestõstev lihas. Arutlege sama jäseme keskepoole liigutusel (eriti tema alla rippudes), küünarvarre sirutusel ja painutusel jne. Kõige lihase asukohta ja muutust liigutuste korral.



37. joon. Muskliid, eest.
 1: rinnaku-rangluu-nibujät-
 kelihas. 2: deltalihas. 3:
 õlavarre kolmepeane lihas.
 4: õlavarre kahepeane lihas.
 5: küünarvarrel asetsevad
 sirutajad. 6: eesmine saag-
 lihas. 7: välimine kõhu-
 põiklihas. 8: kõhu-sirg-
 lihas. 9: reie neljapeane
 lihas. 10: põlvekeder.
 11: jala- ja varbasirutajad.
 12: suur rinnalihas. 13:
 küünarvarrel asetsevad pain-
 nutajad. 14: rätsepalihas.
 15: eesmine sääreluulihäs.
 16: kolmepeane sääremarja
 lihas. 17: kontsakõõlus.

Tähelepanuks. Edaspidi tähelepanu juhtida liigutusvõimalusile, eriti ühenduses lihase asukohaga. Vaadelda lihaseid suuril tabelleil (ei ole tähtis õppida nende nimetusi, ja nende kinnituskohati, vaid viimaseid vaadelda skeleti järgi) ja püüda juba ette arvata, määrast liigutust ta teeb.

Esimeste jäsemete liigutusteks on tegevad hulk lihaseid (üle 40-ne). Kaela- ja rinnalülide ogajätkete küljest algab **trapets-**

lihas (36. joon.) ja kinnitub rangluu ja abaluu (harja ja õlanuki) külge (vaadelda). Tõmbab selle lihase ülemine osa kokku, siis tõstab ta õlavöödet üles (õlakehitus!). Tema keskosa tegevusel kistakse abaluid teineteisele lähemale (teha vastav liigutus). Alumine osa lihasest tõmbab õlga allapoole. Kui aga õlavööde püsib liikumata ja nüüd tõmbub kokku trapetslihase ülemine osa, siis paindub pea tahapoole, või kui ainult üks pool ülemisest osast on tegev, siis pöörab ta pead õlale lähemale. Alumiste selgroo ogajätke (rinna-, nimme- ja ristluu-) küljest algab **lai seljalihas** (36. joon.) ja kinnitub üleval **õlavarre** külge (vastavale harjale). Ta tõmbab ülestõstetud õlavarre tagasi alla või rippuvat õlavart taha ja keskepoole. Õlavarre liigutustel on tegevad **rinnalihased** (suur ja väike, 37. joon.), mis algavad rinnakult, roieilt jne. Kinnitudes õlavarrele tõmbavad nad seda ette keskepoole (s. o. keha keskjoone poole). Hingeldamise korral, kui toetatakse kätega mingile asjale, kisub rinnalihas rindkere laemale, kaasa aidates sissehingamisele.

Deltalihas (37. ja 36. joon.) algab rang- ja abaluu küljest, kinnitub õlavarrele, ja vastavalt sellele asetusele tõstab ta õlavart kerest eemale, üles (teha vastav liigutus!). Eesmine osa sellest lihasest võib õlavart ettepoole, tagumine osa — tahapoole tõmmata. Nagu eelnevast järgneb, võib õlavars teha liigutusi ette ja taha, üles ja alla (püstiseisu arvestades), külje poole, kerest eemale ja keskepoole, kerele lähemale. Kõigis neis suunades liigutused on võimalikud sellepärast, et õlavarreluul on munajas pea.

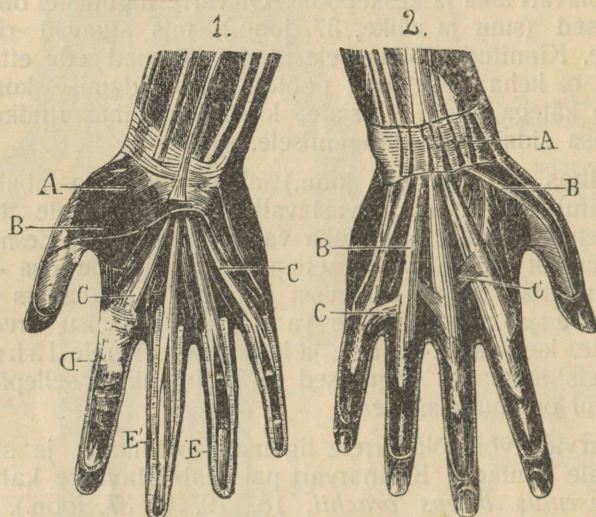
Küünarvart võib õlavarrele ligemale painutada ja siis teda jälle eemale sirutada. Küünarvart painutab **õlavarre kahepeane lihas** (*musculus biceps brachii*, 18., 19. ja 37. joon.). Tema algab abaluu küljest kahest kohast (sellest nimi kahepeane; algus nimelt ronganokk-jätkelt ja üleval pool liigeslohku asetsevalt krobedikult; vaadelda). Edasi moodustab ta ees õlavarrel kõhuka muskli ja kinnitub kodarluu külge (seal vastav krobedik, 34. joon.). Et kahepeane lihas on kinnitatud küünarliigese ligidale, seepärast võib tema võrdlemisi vähe lüheneda, kuna küünarvarre randmepoolne (eemalseisev) osa teeb sellele vaatamata suure tiiru. Säärased ühepoolsed kangid ongi kohased **kiireteks ja laiaulatuslikkudeks** liigutusteks, milleks nad aga **tugevaid lihaseid** vajavad (meelde tuletada vastavad andmed füüsikast!).

Küünarvarre tagaküljel on **õlavarre kolmepeane lihas** (*m. triceps brachii*). Ta algab osalt abaluult ja veel kahelt kohalt õlavarre-luu ülemises osas. Ta kinnitub taga küünarnuki külge. Säärase seisukoha järgi on arusaadav, et ta töötab kahepeasele lihasele vastupidises sihis: kahepeane — **painutab**, kolmepeane — **sirutab** küünarvart (ajab sirgeks jäseme). Lihaseid, mis teine-

teisele vastupidises sihis töötavad, nimetatakse **vastaslihasteks** ehk **antagonistideks**.

Küünarliigeses toimub peale küünarvarre painutuse ja sirutuse veel küünarvarre sissepööramine ja väljapööramine, s. o. liigutused, nagu nad **krüvimisel** esinevad. Sisse- ja väljapöörajad lihased asetsevad küünarvarrel enesel (painutaja-sirutaja õlavarrel!), alates küünarluult (üks väljapööraja osalt õlavarreluult) ja kinnitudes kodarluule, kusjuures sissepöörajad asetsevad peopesa-poolel, väljapöörajad käeseljapoolel. Liigutusel tiirleb kodarluu õlavarreluu pähiku peal.

Kodarluu-randmeliigeses võib toimuda **käe painutus** (peopesa käevarre poole) ja **sirutus**. Vastavad painutajad ja sirutajad lihased asetsevad **küünarvarrel**, nagu kergesti märgata liigutusil



38. joon. Kõõlused (1: C; 2: B). 1: piik. A: põidla eemaldaja. B: põidla painutaja. 2: käeselj. A: sidemed. B: sirutajate kõõlused.

küünarvarre ümbert peoga kinni hoidmisel. Peale selle on ses liigeses võimalik veel **külgede** (põidla ja väikese sõrme) poole liikumine. Seega on kodarluu-randmeliigeses võimaldatud liikumine kahes erisihis, otsekui sadulas (sadulliiges). Liigespinnad on sellele vastava ehitusega.

Sõrmi võib **painutada** ja ka **sirutada**. Lihased, mis neid liigutusi põhjustavad, asetsevad **küünarvarrel** (painutajad peopesa-poolel), kust lähevad **kõõlused sõrmelülide külge** (vt. 38. joon.). Peale painutuse ja sirutuse võib aga sõrmi üksteisest veel **eemaldada** ja ka **lähendada** (kämbla-sõrmeliigeses). Vastavad lihased asetsevad kämblakohal. **Sõrmelülid** omavahel saavad teha ainult **painutusi ja sirutusi**, s. o. liikuda otsekui plokiratas telje ümber (plokkliiges).

Pöidla liikuvus on märksa suurem kui teistel sõrmedel. Tema võib peale harilikkude sõrmeliigutuste asetuda teiste sõrmede vastu (**vastandamine**) ja seega etendada tähtsat osa kinnihoidmisel (tööriist, lusikas, sulepea jne.) ja ka peente esemete sõrmedevahel võtmisel (nõel jne.; katsetage). Pöial on varustatud rea võrdlemisi tugevate lihastega.

Nagu eelnevast kirjeldusest näha, on **esimese jäseme liikuvus väga suur** ja väga **mitmekesine**. Liikuvus paistab eriti silma võrdlusel neljajalgsetega (näit. koeraga; võrrelge liigete järgi).

Asjaolu, et inimene suudab edukalt hoida esemeid kätes, suudab **kruvida** ja **puurida**, taguda ja raiuda, tõugata ja tõmmata (võrrelda koeraga!), see võimaldab valmistada kõiksugu **riistu**, teha mitmesugust tööd, mis on kogu **kultuurilise edu alus**. Esimeste jäsemete liikuvus on nii suur ja võib olla nii ilmekas ja kaunis, et see võib isegi **kunstilist** naudingut pakkuda.

Inimese esimese jäseme liikuvus on **päritud** kaugeilt ahvilaadi **esivanemalt, kes on puu otsas elanud**. Pikad sõrmed oksist kinnihoidmiseks, vastandav ehk vastuasetatav pöial, suur liikuvus käe-, küünra- ja õlaliigeses — kõik see on tekkinud ainult ühenduses eluga puude otsas (ahvid). Maismaal jooksjail või kaevavail loomil ei ole säärast esimest jäset. Vähemad puuloomad suudavad ronida küüniste abil, kuid suur loom, nagu näiteks orang-utan või šimpanse ei saaks küüniste abil puude oksil seesuguse eduda liikuda, nagu see võimalik pikkade ja liikuvate sõrmede varal.

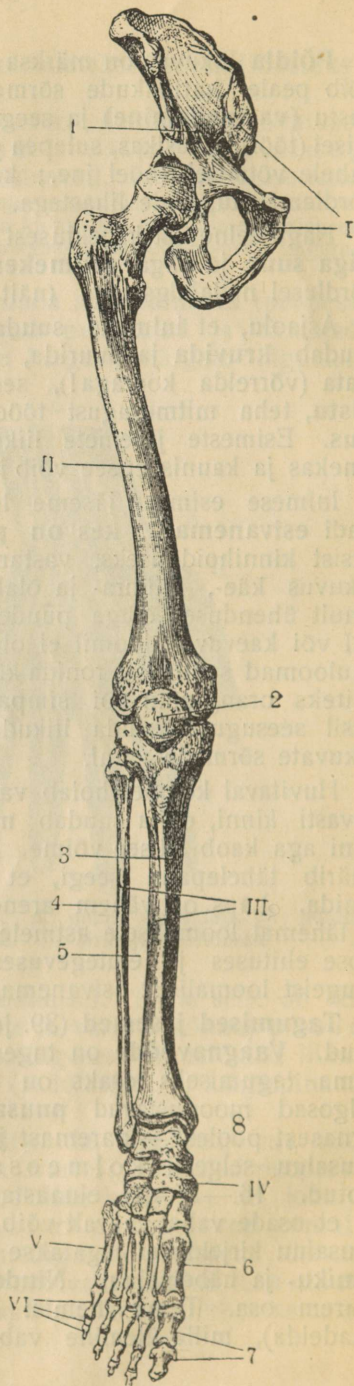
Huvitaval kombel hoiab **vastsündinud** laps oma kätega nii kõvasti kinni, et ta suudab mitu minutit kätel rippuda. Hiljemini aga kaob tal see võime. Elul puuotsas oli see väga tarvilik. Väärrib tähelepanu seegi, et lapsed armastavad puude otsas ronida. Laps on vähem arenenud kui täiskasvanu ja seega on ta lähemal loomalisele astmele. Tõepoolest ongi rida iseärasusi lapse ehituses ja elutegevuses rohkem looma laadi, päritud kaugeist loomalisist esivanemaist.

^ **Tagumised jäsemed** (39. joon.) on vaagnavööte külge kinnitatud. **Vaagnavööde** on tugev alus, millele keha raskus lasub. Tema tagumiseks osaks on lülisamba ristluu, eesmine ja külgosad moodustavad **puusaluu**. Puusaluu koosneb kahest sarnasest poolest — paremast ja vasemast. Lapseeas on kumbki puusaluu selgesti kolme osane, mis üksteisega kõhre abil seotud. 16.—17.-dal eluaastal või hiljemini luustub kõhr, nii et osade vahel vaevalt võib piiri märgata. Kuid täiskasvanugi puusaluu kirjeldusel jagatakse ta kolme ossa. Need on: niude-, istmiku- ja häbemelu. **Niudelu** on vaagna ülemine ja kõige suurem osa. Tema ülemist lapikut osa nimetatakse tiivaks (vaadelda), mille ülemine vaba äär on kergesti naha all tunda.

39. joon.

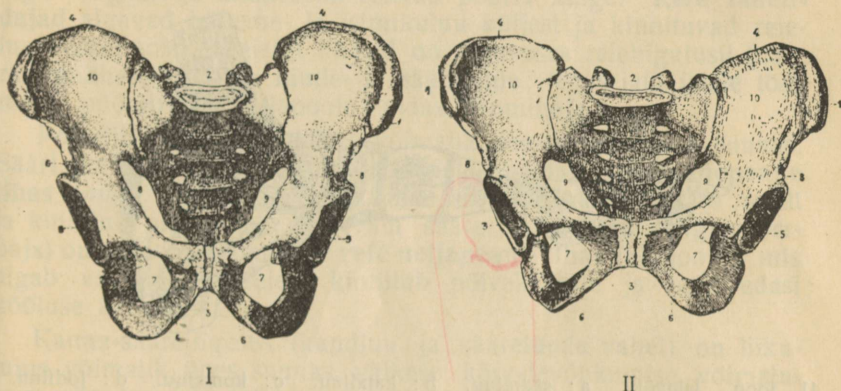
Tagumise jäseme luud.

- I: alajäseme vööde.
- II: reieluu.
- III: sääreluud.
- IV: põiapära.
- V: põialaba.
- VI: varvaste lülid.
- 1: puusaluu.
- 2: põlvekeder.
- 3: sääreluu.
- 4: pindluu.
- 6: esimene põialaba luu.
- 7: suure varba lülid.
- 8: vasarik.



Sinna kinnituvad kere lihased. Eesmine pind moodustab suure augu ehk lohu, mis on sisikonnale toeks. Niudeluu on ristluuga seotud kõrvataolise pinna varal. **Istmikuluu** on puusaluu kõige alumine ja tagumine osa. Istumisel puutub istmikuluu aluse vastu. **Häbemeluud** on puusaluu eespoolne osa. Mõlema-poolsed häbemeluud puutuvad ees keskjoones kokku ja on keskel seotud kõhrega. Väikeses vaagnas — moodustatud puusaluude alumise osa ja ristluu vahel — peitub põis, pärasool ja munasari või seemnepõis.

Mehe ja naise vaagnad erinevad teineteisest (40. joon.). Naise vaagna puusaluu on rohkem horisontaalne, väike vaagnaõõs on ruumikam, eriti on ta alumine avaus suurem ja ümmargusem ja häbemeluude kokkukasvamise kohalt allapoole minevate harude nurk on märksa ümmardunud tõmbim kui mehel.



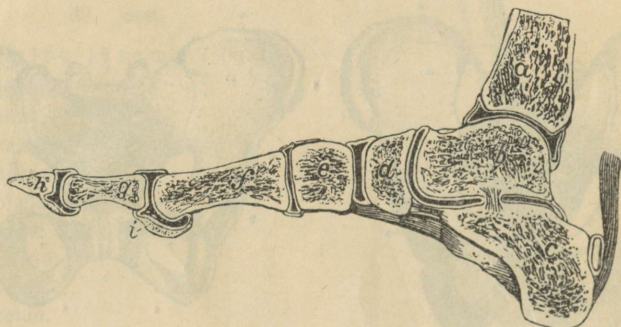
40. joon. I: mehe vaagen. II: naise vaagen. 1, 4: niudeluu servad. 2: ristluu. 5: puusanapp, liigespind. 6: istmikuluu.

Tagumine jäse (39. joon.) koosneb reiest, säärest ja jalast. Kõigi kolme puusaluu kokkupuutumise kohal asetseb puusanapp, kuhu sisse reieluu oma peaga kinnitub. Kuulikujujulise liigespinna tõttu on reiel võimalik igas sihis liikuda. **Reieluu** keskkohal on taga hari, kus avaneb toidustamismulk. Ülemisel otsal on reieluul munakujuline kaunis pika kaelaga pea. Kaelast külje pool on reieluul suured kühmud (pöörjad), kuhu kinnituvad tugevad lihased (tuharalihsed jne.). Reieluu alumisel otsal on kaks tugevat konarati, millest üks keske pool, teine külje pool. Eespool on pind, kuhu vastu põlvekeder puutub, mis on võrdlemisi väike luu.

Sääres on sääreluu ja pindluu. Sääreluu on tugev toruluu, mille otsad jämedad. Sääreluu alumise otsa küljes on jätke, mis läbi naha kergesti tunda ja näha (keskepoolne ehk mediaalne vasarik). Pindluu on pikk ja peenike luu, mis seisab sääreluu kõrval külje pool. Ta alumine, jämedam ots moodustab

küljepoolse vasariku. Reieluu ja sääreluude liigespindade ehitus on niisugune, et põlves on liigutused võimalikud peamiselt ühes sihis.

Jalaluud jagatakse kolme ossa: põiapära, põialaba ja varvaste luud. **Põiapäras** on 7 luud. Kõige suurem neist on alusele toetuv **kontsluu** oma kontsa kõbruga. Tema peal seisab **kandluu** (41. joon.). Kandluu ees seisab lodiluu. Teised neli luud (kolm keskepoolset talb- ehk kiilluud, küljepoolne kuupluu) on kõik ühes reas. Põiapära ees seisab viis pikka torulist **põialaba** luud. Varvaste lülisid on sama palju kui sõrmelülisidki. Jalaluud moodustavad **võlvi** (41. joon.). On tarvis kerget, aga siiski küllalt kindlat tuge, siis ehitatakse võlvid. Kui jalg ei ole



41. joon. Jalavõlv. a: sääreluu. b: kandluu. c: kontsluu. d: lodiluu. e: talbluu. f: põialaba-luu. g, h: varbalülid. i: helmessluu. l: kontsakõõlus, selle ja luu vahel limapaun.

võlviga (lamppöis), siis lasub suur osa raskusest jala keskele. Võlvi korral jaotub raskus osalt kontsluule, osalt põialabaluude otsile. Ühenduses sellega on seismine kergem, puhtmehaanilisil põhjusil: toetumine ei koonduda jala keskele, vaid jaotub laiemale — jala otsile, mis suurendab stabiilsust (võrrelda pinkide stabiilsusega, millel 1) jalad vertikaalsed ja 2) jalad viltu, võlvi-taoliselt laiemale kulgevad).

Inimene on ainuke sirgelt kahel jäsemel seisev ja kõndiv loom (võrdle kanguruga jne.). Sel teel on tal esimesed jäsemed **vabad** tegevuseks ja **tööks**. Jala võlvi ei ole tekkinud ühelgi alaliselt maa peal elaval ega neist põlvneval imetajal. Seegi iseärasus on kujunenud ühenduses eluga puude otsas. **Võlvitud jalg** on eriti kohane **puu otsa ronimiseks**: kummagi jala võlvi nõngus osa toetub laia pindalaga teine teiselt poolt vastu puutüve ja siis võivad jäsemed kere ülespoole tõugata, ilma et oleks karta allapoole libisemist (võrdle neljajalgsega!).

Tagumiste jäsemete **liikuvus** on märksa rohkem piiratud kui esimeste oma, kuid võrreldes neljajalgsete maaloomad jäsemetega on see siiski veel küllalt suur. Puusaliigeses võib liikumine toimuda igas suunas (kuulliiges, reieluu pea!) — ette ja taha, üles ja alla, külje ja keske poole. Skeletti vaadeldes võib juba aimata, kuhu lihas kinnitub, mis teatavat liigutust põhjustab. Reieluud üles tõstavad **nimme- ja niudelihas**. Nimmelihas algab nimmelülidelt, niudelihas niudeluule ülemiselt harjalt, siis lähevad nad eest üle vaagna kubemesideme alt reieluu külge. Püsivad aga jäsemed liikumata ja tõmbuvad nüüd need lihased kokku, siis toimub ettepoole kummardumine. Reit eemaldavad (külje poole kõrvale) **tuharlihased** (36. joon.), mis algavad taga vaagnalt ja kinnituvad reieluu pöörila külge. **Reie lähendajad** algavad häbeme- ja istmikuluu küljest ja kinnituvad reieluu keskepoolel. Teisigi lihased on tegevuses reieliigutusil (näit. rätsepalihas, kinnitub niude- ja sääreluule; tegev jala jalale tõstmisel, pöörab reit väljapoole; maas istumine!).

Põlveliigeses on liikumine võimalik pea ainult ühes suunas. Säärt **painutab**, s. o. tõmbab reiele ligemale **reie kahepeane lihas** (*musc. biceps femoris*), mis algab häbemeluult ja reielt ja kinnitub pindluule. Tugevam sääre sirutaja (sirgekstõmbaja) on eespool reit asetsev **reie neljapeane lihas** (37. joon.), mis algab vaagnalt ja reielt, kinnitub põlvekedrale ja sealt edasi kõõluse kaudu sääreluule.

Kanna-sääreliigeses (kandluu ja sääreluude vahel) on liikumine võimalik ühes suunas, väikese kõrvalevõnkumise võimalusega siis, kui jalg talla poole painutatud (ühele joonele säärega). Lihased vastavaiks liigutusiks asetsevad säärel. Tugeva ja kõhuka lihase moodustab **kolmepeane sääremarjalihas**, mis kontsakõõluse (*tendo Achillis*) abil kontsluule kinnitub. Tema painutab jalga talla poole ja on tegev kontsa tõstmisel (kõndimine jne.). Varvaste painutajad ja sirutajadki leiduvad sääres.

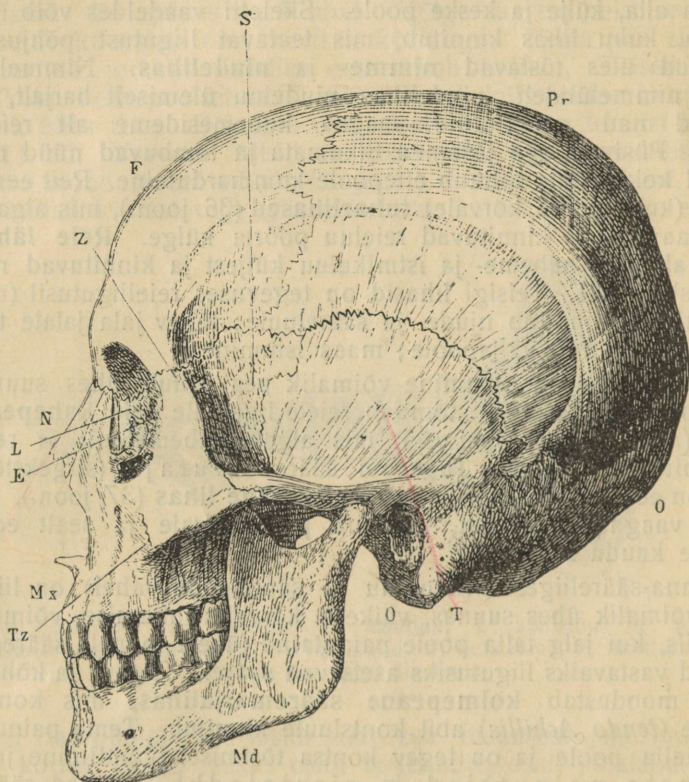
Varvaste liikuvus, eriti suurel varbal, on piiratum kui sõrmedel (mis suhtes nimelt?).

Vaagna külge kinnituvad ka lihased, mis tegevad kere liigutusil ette, taha ja külgede poole. Kõhtmisel poolel paistab neist silma kõhu **sirglihas** (37. joon.), mis algab roieilt. Rohkem külgede pool asetsevad **põiklihased**. Peale kereliigutuste suruvad need lihased kokkutõmbel sisikonnale. Nad moodustavad n. n. **kõhupressi**, mis kõhuruumi vähendavad, tekitades soole ja põie tühjenduseks, oksendamiseks ja sünnitamiseks tarviliku surve.

Kolju (pealuu). Kolju luud (42. joon.) jagatakse kahte rühma;aju- ja näokolju. Ajuluud moodustavad kõva karbi, kus sees peaaegu kaitstuna asub. Ajuluud koosnevad kahest kõvemast lehest ehk lestmest, sisemisest ja välimisest, mille vahel on käs-

ollus. Sisemine leht on habras, nii et ta võib murduda põrutuse tagajärjel isegi siis, kui välimine leht terveks jääb.

Peaaju kaitseb eestpoolt **otsmikuluu**. Otsmikuluu rõhtus osa on ajule põhjaks ja silmakoopale laeks. Otsmiku taga kesk pead

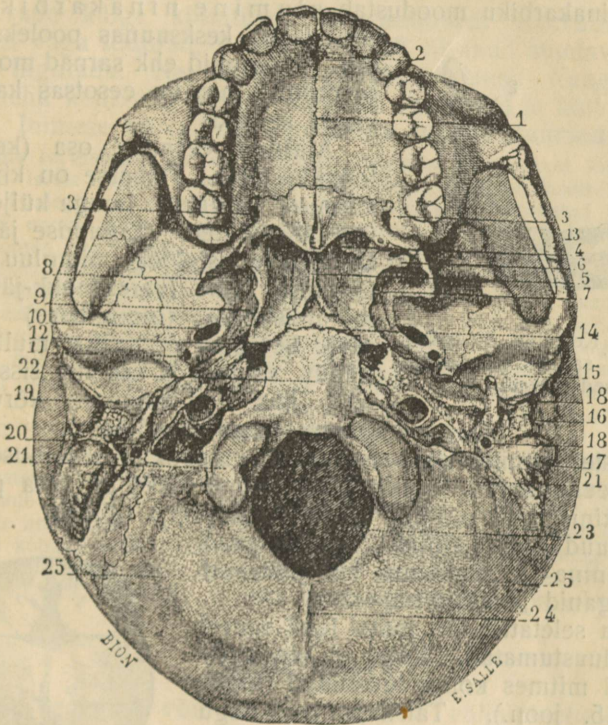


42. joon. Kolju külje poolt. F: otsmikuluu. Pr: kiiruluu. O: kuklaluu. T: oimuluu. S: põhiluu. Md: alalõug. Z: sarnaluu. Mx: ülalõug. L: pisaraluu. E: sõelluu. N: ninaluu.

seisab kummalgi pool **kiiruluu** (pealae luu). Tema sisemisel pinnal on näha soonte vaod.

Tagantpoolt katab peaaju **kuklaluu**, mis loob ka tagumise osa pealuu alusest. Kuklaluu sisemisel küljel on laiad vaod, kus tõmbsooneline veri voolab. Kuklaluu alusosas on suur mulk, kust kaudu aju on ühendatud seljaajuga pikliku aju abil. Kuklamulgu kõrval on väikesed mulgud, mida kaudu ergud ajust välja lähevad. Kolju põhjas asetseb keerulise kujuga **põhiluu**. All on tal tiivad. Ees puutub ta kokku otsmikuluuga, üleval kiiruluuga (vaadelda). Küljepoleel on ta näha suure tiivana. Tema mul-

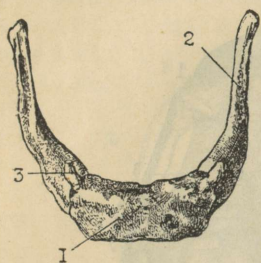
kude kaudu lähevad välja mitmed ergud (nägemiserk, kolmikerk jne.). Küljepoolse ja osa põhja katteks on ajal **oimuluu**. Oimulussse läheb kõrvamulk, mis viib kõrvaluude juurde. Kõrvaluud peituvad oimuluu paksus alumises osas. Otsmikuluu põhiosa vahet täidab **sõelluu**. Tema seisab koos vertikaalsest ja hori-



43. joon. 1, 2: ülalõua suulaeosade õmblus. 3: suulaeluu. 5: nina vahesein. 6—9: tiibharu. 10: piklik mulk, kolmikergu haru jaoks. 11: ümmarmulk, kolmikerguharu. 12: eesmine narustunud mulk. 13: sarnakaar. 14: kukla- ja põhiluu õmblus. 15: liigepind, alalõuaga. 16: kuulmekäik. 17: nibujas jatke. 18: tikkeljätke. 19: une-tuiksoone kanal. 20: tagumine narustunud mulk. 21: kuklaluu liigispinnad. 22, 24, 25: kuklaluu. 23: kuklamulk.

sontaalsest osast ja nina karbikuist (2 ülemist). Rõhtsas osas, mis ajuga kokku puutub, on hulk mulgukesi (sõelleht), mille kaudu lähevad ergud ninaõõne limanahale. Ajukolju põhi on seest poolt jaotatud kolme lohku ehk auku. Tagumises neist asetseb väikeaju, esimestes — suur. Pealuu põhjas on rida mulke, kust tuiksooned peaaussse lähevad ja kust ergud ja tõmbsooned välja tulevad (43. joon.).

Näo luud (6 paaris, 2 üksikut) on liikumatult ajaluudega seotud. Üksnes alalõug on liikuv. **Ülalõug** on varustatud hammastega ja moodustab ka osa suulaest ning ninaõõnest. **Suulaelu** moodustab tagumise osa suulaest. Paarine **ninaluu** (42. joon.) on nina seljaks, ülemises osas. Kummagi ninaluu küljepoolel asetseb väike **pisaraluu**, mille pinnal on näha pisaravagu. Kolmanda ninakarbi moodustab **alumine ninakarbi**. Ninaõõne jagab kesksuunas pooleks **sahkluu**. Põsenukid ehk sarnad moodustab **sarnaluu**, mis on eesotsas ka silma-koopa seinaks.



44. joon. Keeleluu. 1: keha. 2: suured sarved. 3: väikesed sarved.

Alalõua eesmine osa (keha) on loogakujuline. Temasse on kinnitatud alumised hambad. Looga küljest lähevad taha jätked. Tagumise jätke abil köidetakse alalõug oimuluu külge, eesmine jätke (varesenokk-jätke) on mälumislihase (oimulihase) kinnituseks. Seespool on näha mulk, mille kaudu sooned ja erk luu sisse tungivad, kus nad annavad kõrvalharud hammastesse (vaadelda!).

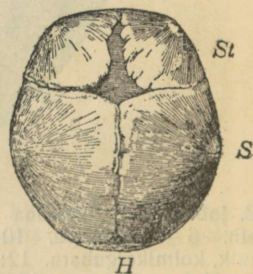
Lihaste kinnitamiseks asetseb ülevalpool kõri hobuserauakujuline **keeleluu** (44. joon.), mille vabad otsad on taha pöördud. Sinna kinnituvad mitmed kaela ja suupõhja lihased.

Näo luud (peaasjalikult) moodustavad silma-, nina- ja suukoopa, kus peituvad meeleanorganid ja närimisaparaat.

Nagu seletatud, on lootel luud suurel määral luustumatud. Kolju ei ole vastündinul mitmes kohas luustunud (**lõgemed**, 45. joon.). Täiskasvanul, nagu nägime, on kolju luud seotud õmbluse abil. Umbes 30. aastast peale hakkavad õmblused luustuma ja kasvavad kokku. Vanaduses kõhetuvad luud. Õige vanadel raukadel on lõuad väikeseks jäänud ja hambaaugud pea hoopis kadunud.

Mälumisel on tegevad mitu lihast. Oimu- ja kiiruluu küljest läheb **oimulihase** alalõua varesenokk-jätke külge (kobida mälumisel). Sarna-kaare küljest läheb alalõua nurga juurde **mälumislihas**. Põhiluu tiibade küljest lähevad alalõua nurga juurde (seestpoolt) **tiiblihased**. Kõik need lihased on tegevad suu kokkupigistusel, seega mälumisel.

Suu ja silmade ümber asetsevad **sõõrlihased**, mis nende avausi koomale tõmbavad, kokku pigistavad. Palgel leidub lihasid, mis näo ilmestusel tähtsat osa etendavad. Nii tõmbuvad



45. joon. Lõgemed, vastündinul. St: otsmikuluud, veel kokku kasvamata. S: kiiruluud. H: kuklaluu.

naerul suunurgad tahapoole (naerulihas), kurbuse ja nutu korral allapoole (suu kolmnurklihas), meelepaha korral tõmbuvad kulumud kortsu, otsmikukortsutamise toimub otsmikulihase abil, tah-tepingutusel on mälumislihased pingul. Ajutegevus ei kajastu mitte ainult näolihaste, vaid teistegi skeletilihaste kokkutõmbeis ja nende järgi võib vilunud isik teha otsustusi teise elamuste kohta.

Kõrvade külge kinnituvad **kõrvalihased**. Kõrvalihased on inimesel väga kidurad, nõnda et ainult üksikud suudavad kõrvu natuke liigutada. Neil ei ole tegelikku tähtsust. Kaugeil esivanemail ehk kõukudel on kõrvalihased suuremad ja kõrv liikuvam olnud. Inimese kõrvalihased on seega **rudimentaarsed elundid**.

Luude tervishoiul on tähtis hoiduda vältavast ühekülgsest koormatusest. Istuda on tarvis sirgelt, sest muidu jääb selgroog ebanormaalselt kõveraks (küür). Pealegi on sissevajunud rinnaga istumisel vähendatud kopsuruum, takistatud nende ja teiste siseorganite tegevus. Eriti pahasti toimib ülekoormatus noores eas. Imiku liiga varane istuma-asetamine, tema kätel istukil hoidmine, kõverdunud selgrooga, võib eriti kergesti püsivalt muuta skeleti ebanormaalseks. Õppimisel viltu istumine, raskuste ühel käel kandmine, ebakohane ranitsa rõhumine seljale (pikad rihmad!) — kõik see toimib samuti. Vältav seisimine põhjustab rohkesti lamppõia arenemist (sepad, pagarid, müüjad jne.), mis enam väsitab. Kõrged saabaste kontsadki soodustavad lamppõia tekkimist; peale selle vigastavad nad jalavõlvi ning raskendavad kõndimist, põhjustavad kiirema väsimuse. Jalanõudel ei pea olema kõrged kontsad ega kitsad, pigistavad ninad, mis vigastavad loomulikku jalga.

Jalapõia tugevamaks kujundamiseks on soovitatav ajuti käia varbail, eriti trepil tõustes (mitte liialdades). Selgroo lihaste ja sidemete arendamiseks on väga kohane loogeldes maas ronimine, neljajalgseks (lastele väga kohane).

Luude arenemisel on väga tähtis ka toit. See peab sisaldama kõiki mineraalaineid kohasel määral (eriti Ca j. t.) ja ka vitamiine (antirahhiiset). Vastasel korral ei toimu korralik luustumine, luud võivad isegi liiga pehmeks jääda. Arenevad X- ja O-jalad jne. Kasulik luude arenemisele on ka päikesevalgus.

Lihaste tegevus.

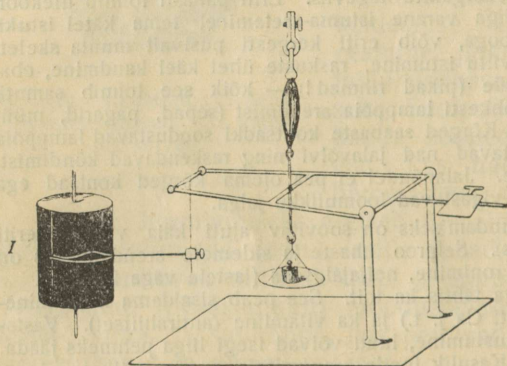
Lihase tegevust võib tundma õppida väljalõigatud konna-lihaseil. Kui võetakse nahata konna tagumine jäse, kinnitatakse klambri vahele reieluu otsa pidi ja nüüd pannakse **lihase** külge elektrodid, mis elemendilt tulevad, siis võib märgata lihase kokkutõmbumist, s. o. lühikeseks ja paksuks muutumist (18. joon.). Puutumisel osutub, et kokkutõmbunud lihas on kõvem harilikust. Kuid niisama kiiresti kui lihas kokku tõmbub, lõtvub ta, s. o. muutub jälle pikemaks, peenemaks ja pehmemaks, kuigi elektrivool kogu aeg lihast läbib. Voolu vahetevahel ühendades ja jälle katkestades võib näha, et lihas teeb tõmmaku nimelt voolu ühendamise või katkestamise momendil, mitte aga kogu aja vältel, millal vool lihast läbib.

Lihast võib aga ärritada veel **kaudsel teel** — **ergu kaudu**. Kui võetakse konna tagumine jäse või sääremarja lihas, mis ühenduses erguga, ja nüüd ärritatakse erku pigistusega,

siis tõmbub lihas kokku. Ergu külge puudutades elektrijuhtmetega (elektroodidega) sunnitakse lihas kokku tõmbuma samuti kui otsesel ärrituselgi. Kehas toimuvad lihaste kokkutõmbed ärrituste mõjul, mis lihasele erkusid kaudu tulevad.

Lihase kokkutõmbel kahaneb tema ruumala vähe: ta muutub küll lühemaks, aga selle eest läheb ta paksemaks, jämedamaks (18. joon.). Mikroskoobilisel uurimisel võib näha, et kokkutõmbel lüheneb ja paksendub iga kiud (17. joon.). Et kiud asetsevad paralleelselt, siis tekitavad nad kõik tõmbe ühes suunas ja nende tõmbejõud liitub tugevaks tõmbeks, kuna üksiku kiutõmme on hoopis väike.

Kirjeldatud ärritusel elektriga teeb lihas õige **lühiaegse** (vähe üle 0,1 sek.) kokkutõmbe, tõmmaku (kontraktsioon). Kehaliigutusil ja tööl on



46. joon. Lihase kokkutõmmete registreerimine. 1: nõetatud kümograafioni silinder, kuhu külge puutub registreeriv sulg, mis vinna kaudu klambri küljes rippuva lihasega (must) ühenduses.

aga lihased kokkutõmbunud olekus ikka enam või vähem pikemat aega. Vältavamat lihase kokkutõmmet võib katseliselt tekitada. Asetatakse erkjuhtmeile, mida läbib **sagedasti katkestatav vool**, siis tõmbub lihas iga voolu ühendamise ja katkestamise korral kokku. Toimub katkestamine näiteks 20 korda sekundis, siis lihas ei saagi aega enam märgatavalt lõtvuda ja ta püsib kogu aeg kokkutõmbunud olekus (tetanus). Lihase võib siis lõtvuda õige vähe (märgata registreerimisel) ja ta on sunnitud uue ärrituse mõjul jälle täielikumalt kokkutõmbuma. Et vältavalt kokkutõmbunud lihases vahelduvad pisikesed lõtvumised uute kokkutõmmetega, selle poolt räägib muu seas **lihase toon**: toonid tekivad ju võnkumiste tagajärjel. Pannakse pea padjale ja pigistatakse hambad kokku, siis võib kuulda lihase tooni otsekui võrinat (kontrastiks lasta lihased ajuti lõtvuda). Tahtelisel kokkutõmbel läheb lihasesse 100 kuni mitusada erutuslainet.

Kinnitatakse väljalõigatud konna sääremarjalihase niidi abil kangi külge, siis võib lihase kokkutõmbeid üles kirjutada, registreerida (46. joon.). Kangikese otsa külge tarvis kinnitada metallist või paberist suleke ja see asetada õrnalt silindri külge, mille

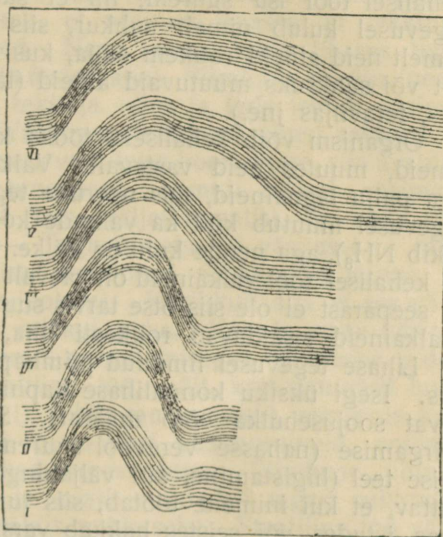
nõetatud paber. Kui nüüd silinder keerleb, siis joonistab sulg iga lihase lühenemise ja lõtvumise kõverjoonena nõepaberile.

Värske lihas tõmbub üksikärrituse järgi kiiresti kokku ja lõtvub samuti kiiresti. Kui aga lihast kaua aega ärritada, siis hakkab ta lõpuks aeglasemalt lõtvuma ja kokku tõmbuma. Üleskirjutusel näeme, et kõverjoon tõuseb aeglasemalt ja langeb veel aeglasemalt (47. joon.). Lihase ei suuda lüheneda enam nii kiiresti ega nii palju kui alguses: kõver on m a d a l a m. Lihase on väsinud.

Näib, nagu oleks ta jõuallikas otsa lõppemas. Kust aga saab harilikult lihase oma jõu? Aurumasinasse muutub küttesoojus jõuks ehk tööks. Kehas on ka oma küttematerjal, mis annab jõu. Jõu pea-alkaks on **viinamarja-suhkur**. Maksas ja lihastes on olemas glükogeen („looma-tärklis“), mis ka muutub suhkruks. Lihase sisaldab veel erilist **suhkru** ja **fosforhappe** liitühendit, mis tegevusel lagub. Vereski leidub suhkrut.

Lihase tegevuse ajal lagub suhkur (tekib piimhape) ja osa laguainest hapendub ehk oksüdeerub, tekitades lõppsaadustena H_2O ja CO_2 . Seejuures tekib soojus. Kõrgerõhu aurumasinasse tegevusel muutub tööks 20 kuni 25% energiast, mis puude põlemisel tekib. Suurem osa soojust kaob masina pinnalt kiirgamise teel, korstna kaudu jne. Organismis võib märksa rohkem toitainet energiast tööks muutuda kui masinas, nimelt 20 kuni 33% (erakordselt ilma hapnikuta tööl isegi 44%). Kehas ei muutu aine energia enne soojuseks ja siis tööks, vaid otseselt mehaaniliseks tööks.

Lihase võib töötada isegi ilma hapnikuta, kuid ta väsib siis ruttu. Ilma hapnikuta töötamisel kuhjub lihasesse palju **piimhapet** ($CH_3 CH OH COOH$, sama hape, mis hapus piimas), nii et see viimaks tegevust takistab. Muidu on piimhape lihase



47. joon. Lihase tõmmakute kõverad. I: normaalne lihas, kõver tõuseb ja langeb järsku. VI: väsinud lihas, kõvera tõus ja langus aeglane. II kuni V: vähem väsinud lihase tõmmakute kõverad.

kokkutõmmet põhjustav aine. Peaseb aga hapnik lihasesse, siis osa piimhapest hapendub lõppsaadusiks (CO_2 ja H_2O), osa muutub tagasi suhkruks (õigemini suhkru ja fosforhappe liitühendiks), millest piimhape tekkiski. Nii siis, lihase tegevusel kulub viinamarjasuhkrut, mis hapendub, tekitades vaheastmena piimhapat. Mida enam lihased töötavad, seda rohkem kulub suhkrut ja seda **suurem** on siis **toidutarvidus**. Tõepoolest ongi kehalisel tööil isu suurem, nii et süüakse rohkem. Et lihaste tegevusel kulub nimelt suhkur, siis tuleb kehalise töö korral nimelt neid aineid rohkem süüa, kus rohkem süsivesikuid, suhkrut või suhkruks muutuvaid aineid (tärglist, mida rohkesti kartuleis, teraviljas jne.).

Organism võib kehaliseks tööks kulutada ka rasva ja valkaineid, muutes neid vastavalt. Valkainete kulul töötades tekib aga palju laguaineid, mis neerude tegevust koormavad. Lihaste tegevusel muutub küll ka valkude koosseis teataval määral (näit. tekib NH_3), aga nende kulu on väike. Hulk katseid on tõestanud, et kehalisel tööil valkaineid on vaevalt rohkem tarvis kui ilma tööta ja seepärast ei ole siis otse tarvis suurendada nende hulka toidus (valkaineid sisaldavad rohkesti liha, kohupiim, juust, kaunvili).

Lihase tegevusel ilmunud piimhappe hapendumisel tekib **soojus**. Isegi üksiku konnalihase hapnikutarvitust ja tegevusel tekivat soojuse hulka võib määrata. Soojus lahkub kehast osalt kiirgamise (nahasse verevool suurem!), osalt vee auruks muutmise teel (higistamine, aur väljahingatavas õhus). On ju üldiselt tuttav, et kui inimene töötab, siis tunneb ta eneses soojust. Külmas istudes või seistes hakkab varsti külm, kuna aga töötades võib olla ülearu soe. Seepärast tehakse liigutusi, kui on külm. Lihased teevad isegi ilma tahtmata liigutusi: on külm, siis hakkab keha värisema.

Tunni vältel kulub töö tagajärjel (üle puhkusel, lamamisel tekkiva määra) energiat rohkem:

masinaõmbleja	24—49,6	kalorit
kingsepp	77—122	"
maaler	143—146	"
pesupesija	124—214	"
puusaagija	370—406	"

Need arvud on toodud hapnikutarvituse järgi arvatades. Seega on see **üldine** energiakulu. Soojusena lahkub kehast seejuures 70—80%, mehaan. energiana 20—30%.

Ülesandeid. 1) Puusaagijal kulub 7 tunniga tööil 2800 kalorit üle puhkuse- soojuse (kaasa arvates mehaaniliseks energiaks kulunud kalorid, 25% ümber). Palju oleks tarvis tal süüa rohkem suhkrut, kui 1 g. suhkrut annab 4 kalorit? 2) Mehaanilist tööd tegi söetõstja 296800 kg/m, kusjuures 25% kulutatud toitainet energiast läks mehaaniliseks energiaks. Palju kulus tal selleks tööks rohkem tärglist, kui 1 g tärglist sisaldab 4,1 kalorit? 1 kalor vastab 424 kg/m. tööle. (Kuludele meh. energiaks — 25% — tuleb juurde arvata kulu soojusena, 75%).

Et lihase tegevusel on hapnikukulu suurem, siis toimub tööil **hingamine intensiivsemalt**, sügavamini ja sageli ka kiiremini

(lõõtsutamine jooksul jne.). Ühel jooksul näit. kiirusega 2,86 m/sek oli hapniku tarvitus 3080 ksm minutis, jooksul kiirusega 4,70 m/sek aga juba 4080 ksm minutis.

Lihase väsimuse üheks põhjuseks võiks arvata varude kahanemist või otsalõppemist. Tarvitatakse ju tegevuse ajal viinamarja suhkrut. Kuid väsitatudki lihases leidub aineid-jõuallikaid. Lastakse väsitatud lihasest soonte kaudu lahja sooladelahust läbi voolata, siis võib lihas jälle edasi töötada, kuigi ta toitu juurde ei saanud. See katse tõestab, et väsinud lihases on tekkinud **väsimust põhjustavad ained**. Nagu teada, tekib lihases tegevuse ajal piimhape (ka CO₂ ja fosforhape). Piimhape on üks (peale fosforhappe j. t.) väsimuse tekitaja ollus ja teda leidub väsinud lihases suuremal määral. Väsimust tekitavad ained satuvad ka verre: süstitakse väsitatud koera verd teise koera verre, siis avaldab viimane selgeid väsimuse tunnuseid. Samuti tekitab väsimuse väsitatud lihase vesiekstrakt (ima, väljatõmmatis), kui seda süstitakse puhanud lihasesse. — Teguvõimetuseni väsitusel — rammastusel — võivad keemilised muutused nii kaugele minna, et tuleb surm (kreeka maratonijooksja). Harilikult aga ei tee väsimus ega osaline rammastus midagi paha. Kaunis ruttu väsitab **suur kiirus** (katsetada käsivarre painutamise) või lihase **pidev kokkutõmbunud olek** (staatiline töö, näit. kätt sirutatult horisontaalselt hoida. Katsetada!), tekib rammastuski, mis pole kardetav. Puhkuse ajal ei teki enam uusi väsimusaineid, endised hapenduvad ja kõrvaldatakse verevooluga. Piimhape ühineb hapnikuga, tekitades CO₂-t ja osalt muutudes tagasi suhkruks.

Seega on hapnik väga tähtis puhkuseks. Staatiline töö väsitab eriti seepärast, et pidevalt kokkutõmbunud lihases on verevarustus takistatud ja seega ei saa korralikult toimuda väsimust põhjustavate ainete hapendumine ega nende lihasest kõrvaldumine. Väsimus ei ole siiski tingitud ainult lihasest, vaid ka **ergukeskest**, mis seotud lihaste tegevusega. Rammastuseni väsitatud (tahteliselt) lihast võib veel elektrivooluga tööle sundida. Tähendab, lihas ei olnud rammastunud, vaid ergukesked. (Lihase rammastus on kergesti teostatav eraldatud konnalihasel). Vastumeelne töö väsitab rohkem: väsis ergustik. Liigtöö, eriti ka alaline suur **kiirustamine** tööl (olgugi võrdlemisi kergel) põhjustab sügavamaid muutusi lihaseis ja ergukeskest, mis ei kao puhkuseajalgi. Sääraseid püsivamaid kahjulikke muutusi nimetatakse **üleväsimuseks**. Rütmiline töö väsitab vähem. Kurnav on öötöö (päeva-aegne puhkus rahutum).

Puhkuselgi ei ole lihased täiesti lõtvunud, vaid on enam-vähem kokkutõmbunud (**toonus**). Säärane alaline toonus on suurem raskel tööl (sõrmed rohkem paindunud jne.). Painutusel vältab sirutajate toonus, nõrgalt takistav tegevus ja see hoiab ära liiga järsud, pilduvad liigutused. Üldse toonus võimaldab ühtlasemad,

täpsamad ja saledamad liigutused. Tugev toonus on aga asjata jõukulu ja seepärast on kasulik ajuti lasta lihaseil võimalikult täiuslikult lõtvuda (lamada täiesti lõdvalt). Seda peetakse kasulikuks isegi kergel tegevusel.

Tegevust takistavate ja kõlbmatute laguainete lihasest kõrvaldamiseks on lihase tööil tarvilik **kiirem verevarustus**, millega takistatakse nende kuhjumist (osa hapendub siis, osa kandub verre). Tõepoolest voolab tegevasse lihasesse mitu korda (kuni 6—8 korda) rohkem verd kui tegevusetusse. **Tegevuseta lihases** on pealegi suurem jagu peened veresooni — **kapillaare** — hoopis **suletud**, tegevus — avatud.

Lihase tegevus ajal tekivad huvitaval kombel **elektrivoolud**. Vigastatud lihas osutab samuti elektrivoolu. Need voolud on harilikult õige nõrgad, kuid mõõdetavad. Teatavasti on aga kalu, kellel lihased eriliselt muutunud ja moodustavad elektriorgani, mis võib enesekaitseks väga suuri elektrilisi pingeid tekitada (kuni 200 ja enam volti).

Harilikult mõni tund (1 kuni 7 t.) pärast surma tõmbuvad lihased kokku, nii et laip muutub kangeks: kokku tõmbuvad antagonistidki (sirutajad ja painutajad jne.), mispärast on liigutused igas suunas takistatud. Säärane lihaste kokkutõmbunud olek — **koolnujäikus** ehk **koolnukangestus**, vältab mõned tunnid, mille järele lihased jälle lõtvuvad. Oli lihastik enne surma elavamini tegev, siis tekib kangestus õige kiiresti, jahil väsitatud loomal peaaegu silmapilkselt. Koolnukangestuse tekkimisel on tegev piimhape. See seletabki, miks väsitatud loomal kangestus kiiresti tekib: tema lihaseis on juba olemas rohkesti piimhapet. Surnud loomas on soikunud vere ringvool, nii et lihased ei saa enam hapnikku ja seega ei saa tekkiv piimhape hapenduda (oksüdeeruda) ega muutuda hapnikuga ühinedes osalt tagasi suhkru ja fosforhappe ühendiks. Tagajärg on aeglane lihase kokkutõmbumine. Harilikulgi lihase **kokkutõmbel** on ülitähtsat osa etendamas **piimhape**, kuid kui lihas saab tarvilikul määral hapnikku, siis kaob tekkinud piimhape (või vähemalt kahaneb suurel määral), nii et lihas võib lõtvuda. Koolnujäikus vältab päev või enam. Külmi viivitab tema tekkimist.

Töö toime.

Liikuda ja töötada on kõige pealt tarvis selleks, et toitu hankida. Huvitaval kombel **mõjustab** aga liikumine, s. o. skeletilihaste tegevus, **kogu organismi**. Kui lihased on väga vähe ja nõrgalt tegevad, siis jäävad nad nõrgaks ja kõhnaks. Oli varemini nende tegevus suurem ja hiljemini aga kahaneb tugevasti, siis vähenevad lihased. Puudub lihasel üldse võimalus töötada, siis kahaneb ehk **kõhetub** (atrofeerub) ta väga kiiresti.

Peaaegu täiuslik on tegevusetus ergu või kõõluse läbilõikuse järgi, jäsene kipssidemesse paigutamisel, liiga väike võib olla tegevus kõntides (operatsioonist järgi jäänud jäsene otsas). On erk või kõõlus läbi lõigatud, siis kaotab lihas juba 4 nädalaga peaaegu pool (46%) oma aineist, kahanedes kaalus. Tehakse kõndiga vähe liigutusi (valu pärast!), siis kõhetuvad ta lihased kiiresti ja kõnt teeb veel enam vaeva. Kui aga kõndilihaseid harjutatakse, siis püsivad nad tugevatena ja kogu kõnt püsib tervena, kusjuures ta ei tee valu ega vaeva.

Nagu lihased võivad kiiresti kõhetuda, samuti võivad nad kaunis kiiresti **tugevamaks kasvada** (hüpertrofeeruda). Kuu või paar väldanud pingutavam lihasteharjutus annab juba selgesti märgatavaid tagajärgi. Olgu tähendatud, et lihaste tugevuse ehk suuruse arenemisel ei ole otsustav ööpäeva vältel tehtava töõ hulk, vaid pingutuste suurus. Põllutööline võib rohkem töõd ööpäeva vältel teha (heina-, viljatõstmine!) kui jõumes, kuid põllutööline ei tee **ühe korraga** nii **suuri** lihaste **pingutusi**, nagu jõumes, ja seepärast ei kujune tema lihased nii tugevaks. Põllutööline suudab aga **kaua** töötada, kuna jõumes suuri pingutusi nii kaua teha ei suuda. Samuti ei arene pikamaajooksjal tagumiste jäsemete lihased eriti tugevaks, sest ta ei tee suuri pingutusi. Temagi lihased omandavad selle eest võime töötada pika aja vältel, omandavad niütelda vastupidavuse vältuse suhtes. Nagu juba öeldud, tarvitavad tegevad lihased rohkem hapnikku ja seepärast toimub hingamine elavamalt. Vastavalt sellele kujuneb kehaharjutuste toimel eriti kasvavil nooril **rind ruumikamaks**. Kitsad rinnad on sageli nimelt neil, kes teevad vähe kehalist töõd, eriti kasvamiseas, sellevastu on kehalisel tööl — põllutöõlisil näiteks — rinnad ruumikamad. Isegi **kehakasv** ei toimu küllaldasel kehalisel tööl nii kiiresti kui ilma selleta (pikk peenike linnaõpilane, lühem aga tüsedam maaõpilane — samaealised!).

Kehalisel tööl kujunevad **luudki tugevamaks**: neil siis suurem koormatus. Samuti on leitud, et töõ tagajärjel on luudes (toruluudeski) rohkem punast üdi ja ühenduses seega toimub elavam vere punaliblede valmistamine. — Kehalisel tööl peab **süda** rohkem verd lihasesse pumpama ja temagi areneb tugevamaks. Veres on rohkem punaliblesid. Töõtegija nõuab rohkem toitu, nii et **seedeorganeil** on tarvis rohkem seedida. Et ainevahetus on kehalisel tööl elav, kusjuures tekib rohkesti laguaineid, siis on **neerudel** ja maksalgi (sealt suhkur verre) rohkem tegevust. Neerude eritustöõle tuleb sageli appi ka **nahk** (higistamine!).

Liikumine aitab kaasa vere ringvoolulegi. Tõmbuvad lihased kokku, siis rõhuvad nad **tõmbsoonile** ja mahlasoonile, mille tagajärjel veri neis kiiremini edasi surutakse. Istutakse kauemini

(eriti tööga vilunu), siis tundub viimaks tarvidus end **sirutada** ja liikuda, mis elustab verevoolu ja ainevahetust lihaseis.

Ergukavagi on tegevuses kehalisel tööl. **Ergukava** korraldab lihaste kokkutõmbeid sel teel, et toimuvad otstarbekohased ja korrapärased liigutused. On ju teada, et iga kehalinegi töö või harjutus nõuab õppimist ja vilumust. Isegi kõndimine nõuab harjutust, õppimist (laps!), sest püstiseis nõuab ergukavalt alalist valvelolekut, nende või teiste lihaste pingutust: ilma selleta kukuks inimene varsti. Kõiksugused õpitud liigutused (kirjutamine, joonistamine, laulmine, rääkimine, töösused) on seotud suuraju tegevusega: lõigatakse suuraju välja, siis kaovad kõik loendatud oskused. Liigutuste täpsus (joonistusel jne.) ja kohane tegevus — see nõuab enne küllaldast õppimist. Üldse, keha areneb tegevuse kohaselt — **kohastub**.

Kehaline tegevus teeb inimese **teguvõimsamaks** ja **liikuvamaks** (sport, näit. jooks jne.), nii et ta mõnestki eluraskusest ja ohtlikust olukorrast kergemini üle saab. Vilumata pörkab tagasi suuremast kehapingutusest, on abitu pikemal jalutuskäigulgi, ei suuda osa võtta liikumismängudest, on sagedasti loid isegi oma kodu korrashoiul. Ameeriklaste spordiarmastusega on seotud suurem elavus, suurem elurõõm ja agarus, mis ei lase nii kergesti tarduda. Kohane kehategevus on tingimata tarvilik kehaliseks ja vaimseks terviseks.

Sellevastu on liiga suured pingutused kahjulikud. Sõudevõistlusil on surdud südame ülepingutusest. Suured spordipingutused põhjustavad haiglase südamelaienemise. Liigsele treeningule järgneb unekorratus, rahutus, isupuudus, värisemine jne. Suuremale pingutusele peab järgnema küllaldane puhkus. Eriti noores eas on tarvis ettevaatust. Tarvis on **optimumi** silmas pidada (soovitav arstide — spordiarstide j. t. — järelevaatatus).

Tööviljakusest.

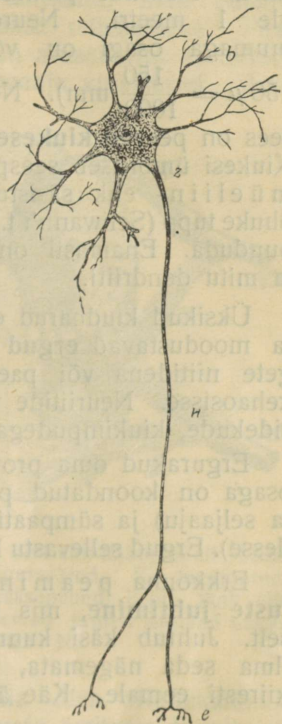
Vilumatu teeb **tööl** palju **asjatuid liigutusi** ja seepärast väsib võrdlemisi ruttu. Asjatuid liigutusi võib kõrvaldada teadliku tööjuhtimise teel. Töö ökonoomsuse suhtes on väga tähtis, kui kiiresti töötatakse, kui suur on tõstetav raskus, kui kõrgele tõstetakse jne. Nii näiteks, kui tõstetakse maast mitmekesisel vihkuid 2 meetri kõrgusele, siis on energiakulu väikesis kaloreis kilogramm-meetri töö kohta järgmine:

	Vihikud kg	Kaloritekulu 1 kg/m töö kohta
Tõstekõrgus 2 m	9,15	44,47
	13,85	37,26
	18,95	34,93
	24,05	36,56
	28,55	40,69

Nagu neist andmeist näha, on energiakulu väikese vihiku tõstmisel võrdlemisi suur (vastav kehaliigutus ilma vihikutagi nõuab kulu!). Väga raske vihiku tõstmisel on energiakulu jällegi võrdlemisi suur, kuna ta keskmise vihiku tõstmisel on 1 kilogramm-meetri töö kohta kõige vähem. Raske vihiku tõstmisel peavad peale otseste tõsteliikaste veel tugevaid pingutusi tegema abilihased: skeletiosi tuleb üksteise suhtes kõvasti kinni hoida. Et seepärast töötada kõige vähema energiakuluga, tuleb 2 m kõrgusele tõstmisel korraga tõsta 18 kg. On koormatuse suurus määratud, siis võib katseliselt leida, kui kõrgele tõstmine nõuab kõige vähem energiakulu. Samuti on võimalik määrata, kui kiiresti on tarvis töötada, et energiakulu oleks kõige vähem. Nii näiteks on leitud, et vāntamisel, kühveldamisel jne. on energiakulu suur, kui vāndatakse aeglaselt või kiirelt. Teatav keskmise kiirusega vāntamine (30 kuni 35 pöõret minutis) nõuab kõige vähem energiakulu.

Kõrvaldatakse töötamisel asjatud liigutused ja tõstetakse parajat koormatist, siis võib tööd palju rohkem teha, ilma et oleks väsimust karta. Ameeriklane Taylor määras kivisõõ tõstjatele kühvliga tõstetava soodsa koormatise (9,5 kg), kühveldamisliigutused ja tempo (vastavate uurimuste alusel). Tagajārg oli see, et 140 töölist tegid sama töö āra, mis enne 500.

Kui töõtaja on väsinud, siis nõuab töö rohkem vaimset pingutust ja pealegi tuleb rohkesti kõrvalisi lihaseid tegevusse, nii et siis on tegevus eriti kurnav. Ühekūlgne töö (eriti meestel) kahandab töõtahet ja väsitab seega ergukava. Suurt kiirust ei suudeta kaua välja kannatada, teguvõime langeb. Ameerika ja Šveitsi vabrikus ei võeta sagedasti enam üle 40 aastaseid tööõõgi (kõõlmatud soovitud kiiruseks!). Väga suur kiirus põhjustab nārvilisi haigusi (telegraferijad, telefonistid, masinal ladujad; telegraferimisel 30 000 lõõki tunnis!). Väga soovitav on vaheldus töõs (eriti maal, linnas).



48. joon. Erguühik, neuroon.
z: rakk protoplasma ja tuuma-
ga. b: dendriidid ehk põõsas-
harud. n: neuriiit ehk kiud-
haru. e: otspuuke.

Ergud ja refleksid.

Erkkond koosneb ergurakkudest ja neid ühendavast sidekoest. Igai ergurakul on tuum ja protoplasma, mille küljest

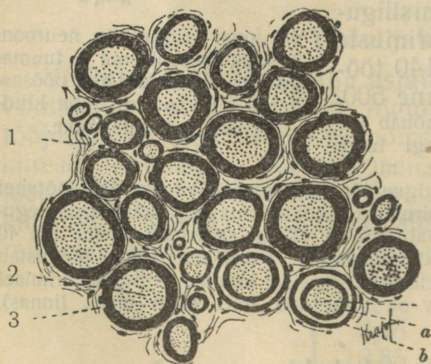
lähevad eemale harud (48. joon.). Ergurakk ühes harudega moodustab erguühiku ehk **neurooni**. Neuroonil on lühikesed, rohkesti hargnevad **dendriidid** ehk **põõsasharud** ja harilikult veel üksainus pikk haru — **neuriit** ehk **kiudharu**. Neuriidi pikkus ulatub mõnel rakul üle 1 meetri. Neurooni protoplasma ja tuumaga osagi on võrdlemisi suur (kuni $150 \mu = \frac{150}{1000}$ mm). Neuriidi ehk kiudharu

sees on peened **kiukesed**, **fibrillid** (49. joon.). Kiukesi ümbritseb seespool paksem rasvarikas **müeliin-** ehk **säisistupp**, väljaspool sellest õhuke tupp (Schwann'i t.). Tuped võivad kohati puududa. Enamasti on neuroonil üks neuriit ja mitu dendriiti.

Üksikud kiudharud ehk neuriidid ühinevad ja moodustavad **ergud** ehk **närvid**, mis valgete niitidena või paeltena lähevad kõigisse kehaosisse. Neuriitide vahel on neid ühendav sidekude, kiukimpudega (50. joon.).

Ergurakud oma protoplasma- ja tuumalise osaga on koondatud peamiselt keske- (peaja seljaaju) ja sümpaatilisse erkkonda (tänu- desse). Ergud sellevastu leiduvad igas kehaosas.

Erkkonna peamine ülesanne on **liigutuste juhtimine**, mis toimub ärrituste kohaselt. Juhtub käsi kuuma asja külge, olgugi ilma seda nägemata, siis tõmbub ta sealt kiiresti eemale. Käe äratõmbamise juures ei



50. joon. Ergu ristilõik. 1: sidekude. 2: neuriidi lõik, fibrillid punktidenä. 3: säisistupp ehk müeliintupp (must).

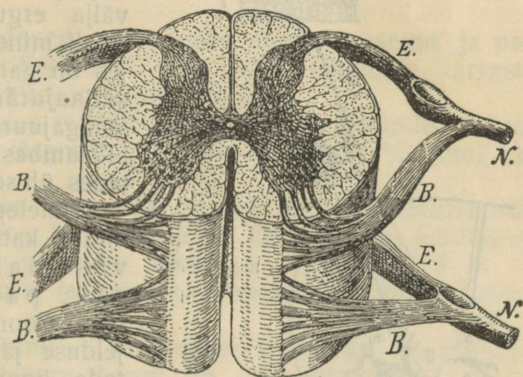


49. joon. Ergukiu pikilõik. k: kiukesed. o: kiukeste ümbriksene ollus. s: säisistupp. r: Ranvier' soonistis. t: kiukese- tupp.

mõtelnud me sugugi, et on liiga palav, et tarvis ta eemale tõmmata, vigastusest hoidumiseks, vaid see toimus sündmusest aru andmata ja ilma tahteta. Alles otse pärast sündmust mõistame, milles asi oli. Tahtmata, sagedasti isegi teadmata, toimub hulk liigutusi. Lüüakse kõõlusele, näiteks põlvekohal, siis järgneb liigutus (säär ettepoole!). On midagi ingetorus, siis tekib kõha. Satub kübemeke silma, siis järgneb pilgutus.

Suuremas valguses aheneb silmaava. On külm, siis tõmbuvad kehal karvad püsti (kananahk!), tekib värin, hammaste lõgin ja veresooned ahenduvad. On soe, siis laienevad veresooned. Satub liiva või hapet suhu, siis järgneb süljenõristus. Kõik need liigutused ja nõristus toimuvad tahtmata, ilma peajuu kaastegevuseta; ja neid nähtusi nimetatakse refleksideks. Peajust sõltuvad keerukamad toimingud, eriti arusaamine ja mõtlemine (üldse teadvus), nagu tõestavad peajuu vigastused. Ilma peajuta puudub

nähtusist arusaamine, mõtlemine ja tahe, kuid tahtetud liigutused — refleksid võivad toimuda. Refleksid on ilma peajuta loomal isegi tugevamad kui muidu. Reflekside tundmaõppimiseks võetaksegi seepärast harilikult peata konn. Pigistatakse ülesriputatud konna varbaid, siis järgneb jäseme eemale-tõmbumine. Lastakse ta rippuva jäseme varbad lahjendatud



51. joon. Osa seljaajust, eest ehk kõhupoolelt vaadatud. B: eesjuured, liigutuskuid. E: tagajuured, tundekuid; tagajuurel paksenenud koht, tänk ehk ganglion (paremal). Mõlemad juured liituvad üheks närviks: N.

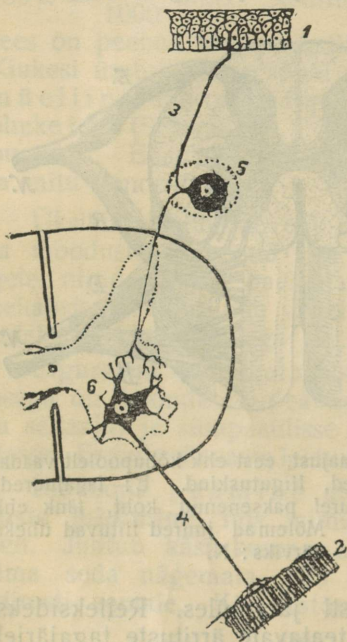
äädikahappesse, siis tõmbab ta varsti jala üles. Refleksideks nimetatakse seega **organi tegevust** teatavate ärrituste tagajärjel (soojus, hape, pigistus, elekter jne.), **ilma peajuu kaastegevuseta**, eriti ilma **tahtmata**. Eraldatakse liigutus- ja nõristusreflekse (süljenõristus!). Nad on masinlikult korrapärased.

Ilma peata ja samuti ilma sisikonnata konnal on refleksid alal, kuid niipea kui peene vardaga ta **seljaaju purustada**, on refleksid täiesti kadunud. Pigistus ja jala happesse laskmine ei põhjusta enam mingit liigutust. Tähendab, reflektiivseiks liigutusiks on tarvilik seljaaju.

Lõigatakse peata konnal reiel asetsev istmikuverk katki, jättes terveks muud osad, ja peale selle pigistatakse jalga (või ka ärritatakse happega, elektriga), siis refleksi ei toimu (liikuvus on kaotatud). Teisel jäsemel võib **kõik** (nahk, lihased, luu) **läbi lõigata**, jättes terveks ainult istmikuergu. Ärritatakse seda jalga, siis toimuvad otsekohe liigutused, refleksid. Tähendab, reflektiivseiks liigutusiks on peale seljaaju veel **ergud**

tarvilikud. Lihased ei tee liigutusi iseseisvalt, vaid seljaajust (või ka peaajust) tulevad erkusid mööda erutumused lihasesse ja alles siis tõmbuvad nad kokku. Ergud on otsekui telefoni või telegraafi juhtmed, mida mööda lähevad „käsud“ — **erutumused** lihasesse.

Seljaaju ristilõigu **keskel** on näha enam-vähem liblika laadi **hallollus** (51. joon.), väljaspool sellest valgeollus. Hall-



52. joon. Refleksikaar. 1: nahk. 2: lihas. 3: tundeerk. 4: liigutuserk. 5: tundeergu rakk. 6: liigutusneurooni rakk, mis seljaajus (S) peitub.

olluses peituvad ergurakud. Eest seljaajust (eessarvist) lähevad välja ergud, **eesjuured**. Selja poolt minevate **tagajuurte** küljes on ganglion ergurakkudega, **seljaajutänk** (51. joon.). Eesja tagajuured liituvad varsti pärast lülisambast väljatulekut, moodustades ühise ergu.

Tähelepanu väärrib nüüd järgmine katse. Katki lõigatakse vasemalt seljaaju tagajuured, paremalt — eesjuured (joonistage ise skeem kirjelduse järgi). Kui nüüd pigistada konna paremat tagajäset, siis järgnevad liigutused. Seejuures on näha, et vasem tagajäse liigub harilikul viisil, parem aga — katkiste eesjuurtega — on täiesti liikumatu. Ärritatakse sama konna vasemat jäset, siis ei järgne liigutust, näit. eemalehüppamist: konn ei tunne pigistust jne. Asjalugu on siin järgmine: seljaaju **tagajuured** on **tundeergud** (sensoorsed), eesjuured — liigutusergud (motoorsed). Seepärast, kui on tagajuured katki, loom ei märka

ärritust. On eesjuured katki, siis on võimata teha vastava jäsemega liigutust, kuna aga sama jäse on tundlik: tundeergud vigastamata. On eesjuured katki, siis ei pease erutumus, mis muidu jäseme liigutuse põhjustab, jäseme lihasesse ja jäse jääb liikumatuks. (Võrdlus: telefoni juhe on läbi lõigatud ja käsku ei saa keskkohast edasi anda).

Nii siis, reflektiivseks liigutuseks peavad vigastamata olema **tundeerk**, **liigutuserk** ja **seljaaju**. Tundeerk võtab ärrituse vastu (varvaste pigistus, happega mõjustus jne.), erutumus levib

tundeerku mööda seljaajusse (tagajuurte kaudu, 52. joon.). Seljaajus läheb erutumus üle liigutusergule, kust ta tungib lihaseisse ja põhjustab lihaste kokkutõmbe. Erutumuse levimistee — tundeerk, seljaaju, liigutuserk — kannab **refleksikaare** nime (enamasti on tunde- ja liigutuskiud koos ühes ergus). Nii pea kui refleksikaar kuski katkestatud, ei pease erutumus edasi ja refleks ei saa toimuda. Iga refleks toimub vähemalt kahe erguraku kaastegevusel: tundeergule vastavad omad rakud, liigutusergule iserakud. Kummadki rakud on omavahel harude kaudu ühenduses.

Seljaajus on **ühendused** erguharude kaudu **vasema** ja **parema** poolegi vahel. Seepärast võib näit. vasemate varvaste ärritusele järgneda paremaga jäseme liigutus.

Erutumus **levib** erku mööda kiiresti (70 m sekundis). Seepärast võib ärritusele järgneda liigutus õige pea ($\frac{1}{10}$ kuni $\frac{1}{30}$ sekundi pärast).

Erutumuse levimine ergus on seotud nõrkade **elektrivoolustega**, kuid erutumuse levimine ei ole lihtne elektri juhtimine, sest erutumus levib võrreldes elektriga aeglaselt (70 m — 300 000 km). Erutumuse levimine on ennemini võrreldav süüteenõõri põlemisega.

Kuid mitte üksi tunde- ja liigutuserk ei ole teineteisega ühenduses, vaid tundeergu harud on ühenduses veel peaauga. Seepärast siis tulevad ajju teated, mis kuski väljaspool (naha peal jne.) toimunud. Tuletagem veel korraks meelde refleksikuuma asja külge puutumise tagajärjel. Tundeergu kaudu läks erutumus seljaajusse, kust ta ühelt poolt edasi tungis liigutusergu kaudu lihasesse, teiselt poolt seljaaju kaudu peajusse. Sellepärast siis saame sündmusest teada. Käsi tõmbub, nagu nimetatud, ilma tahte kaastegevuseta põletavast asjast eemale.

Seesuguse ühenduse tagajärjel võib ka tahte järele erutumust (käsku) peajust seljaaju kaudu soovitavasse kehaossa (jalga, kätte jne.) saata ja ta lihaseid liikuma sundida.

Skeletilihaste liigutused ongi suurelt osalt tahtelised.

Refleksid on väga tarbekohased nähtused. Sagedasti on nad kaitseks kahjulikkude mõjude eest. Refleksikaar on palju lühem kui see tee, mille ärritus peaks läbi minema, kui ta läbi peaju läheks. Seepärast teostub refleks kiiresti.

(Mis toimub, kui magaja nägu näit. ölekõrrega ärritada? Kas toimub tallaaluse kōdistamisel liigutusrefleks? Kas võib seda takistada, pärssida?).

Refleksid etendavad organismis ülitähtsat osa, toimudes väga suurel arvul (liigutusil, nõristusel, seedimisel). Nii näiteks toimuvad refleksid **seismisel** vahetpidamata. Seistes kõigub keha enam-vähem. Kukkumisest hoidumiseks peavad vastavad lihased õigel ajal tegevusse astuma. Kaldub keha ettepoole, siis

peavad tagajäseme tagumised lihased (säaremarjalihad j. t.) kokku tõmbuma: tundeerkude ärritajaks on seejuures tagumiste lihaste venitus jne. Nii võimaldub seismine reflekside tegevusel, ilma tahte kaastegevuseta. Seegi on tähelepanu vääriv näide, kuidas kehas tegevus peab olema korraldatud — rakkude koostöö alusel.

Seedimine ja toitumine.

Toitained.

Igale organismile on toit tarvilik kasvamiseks ja sigimiseks — **ehitusmaterjaliks**. Peale selle on ta veel **energia-allikaks** — soojuse, valguse (helendavad loomad!) ja mehaanilise energia allikas. Ainuraksed (amööb, kingloom j. t.) võtavad toiduaineid enesesse ja seedimine toimub raku sees. Parasiidid (paeluss j. t.) tarvitavad lahustunud toitaineid ja ei vaja erilisi seedeorganeid. Suuremal osal loomil ja ka inimesel toimub toidu seedimine väljaspool rakke, selleks eriliselt moodustunud seedeorganeks. — Loom ei suuda ise enesele valmistada toitaineid CO₂-st ja mineraalainetest, nagu seda teevad rohelised taimed. Suurem jagu loomi elatavad end taimis leiduvate toitainete kulul otseselt, osa kaudselt — süües loomi, kes elavad taimede kulul. Loom ei suuda energiat luua, samuti ei kao temas energia: toimub ainult **moondumine** (vrld. 11. lhk.).

Toitained. Toiduks tarvitab inimene väga mitmesuguseid aineid, kuid kõik neist ei ole toitvad. Mõnigi aine jääb kehas hoopis lahustumatuks ja heidetakse välja. Toidus, mida igapäev tarvitame, on lahustumatuist aineist kõige enam tselluloosi, mida on leida taimeriigi saadustes. Aineid, mis kehas lahustuvad ja mis keha elutegevuseks tarvitab, nimetatakse **toitaineks**. Pea kõigis toiduainetes on järgmisi toitaineid: süsivesikuid (suhkrut, tärklisi), valkaineid, rasva ja mineraalaineid ehk soolaid.

Valkained koosnevad lämmastikust (N), süsinikust (C), vesinikust (H) ja hapnikust (O). Sageli sisaldavad nad veel väävlit ja fosforit. Valkaine molekul on suur: ta koosneb sadadest aatomitest. Valkained on moodustatud **amiinhapetest**, mida neis olemas 20 erilise ühendina. Kõige lihtsam amiinhape on teatavasti glükokoll — CH₂ NH₂ COOH. Osa amiinhappeid on tsüklilised ühendid (türosiin, trüptofaan, histidiin j. t.). Need erilised 20 amiinhapet võivad isekeskis väga mitmesuguses järjekorras ja rohkuses ühineda, tekitades seega **hiiglasuure hulga erinevaid valkaineid**¹⁾. Igas looma- ja taimeriigis on erilisi valkaineid (on isiklikkegi erinevusi). Valgud

1) E. Fischer'i järgi üle tuhande kvadriljoni (1,28.10²⁷).

kui orgaanilised ained põlevad (kuivanud olekus), harilikult erilise haisuga (kõrvehais). Nad on protoplasma peaosised.

Keetmisel kalgastub valkaine (muna kalgastumine, „nahk“ keedetud piimal, taigna ja liha kalgastumine küpsetamisel ja keetmisel). Piima valkaineist ei kalgastu keetmisel **kaseiin** (juust-aine, „kohupiim“, sisaldab fosforit). Kalgastunud valkaine on kõvem, tihedam ja läbipaistmatu (muna!). Veevaene valkaine ei kalgastu sugugi või vähemalt palju kõrgemas temperatuuris kui veerikas. Kalgastunud valku ei saa enam tagasi muuta endisesse olekusse. Et kõrge temperatuur valkaineid nii tugevasti muudab, siis seepärast surmabki ta elusaid olevusi: protoplasma valgud kalgastuvad ja elutegevus — liikumine, ainevahetus, kasvamine — on säärases kõvastunud keskkonnas võimatu. Valgud kalgastuvad harilikult juba 50 kuni 70° C juures.

Valkaine kalgastub **hapete mõjul**. Kui kanamuna valgulahusele lisandatakse väävel- või lämmastikhapet, siis tekib lahuses kalgend, mis sadestub. Koondatud lämmastikhappe sade muutub kollaseks (nahk kollaseks, kui sinna sattunud koond. HNO_3 !). Piima valkaine kaseiin kalgastub **piimhappe** mõjul, mis tekib piimasuhkru käärimisel. Samuti kalgastub kaseiin, kui piimale lisandatakse äädikhapet.

Valkaine kalgastub veel **alkoholi ja raskete metallide soolade** (sublimaadi — HgCl_2 , vaskvitrioli — CuSO_4 , Pb jne.) mõjul. Niihästi hapetega kui ka alkoholi või raskemetallide ühenditega tekitatud kalgend on pöördumatu, endisesse olekusse tagasi muutmatu ja seepärast on nemadki protoplasma mürgid.

Toimub teatava vedeliku või aine keetmisel või happe lisandamisel kalgastumine, siis tuleb arvata, et see sisaldab valku. Kindlam abinõu valgumääramiseks on **värvireaktsioonid** (näiteks; uuritav aine + koond. HNO_3 , keeta + $\text{NH}_4 \text{OH}$; uurit. aine + NaOH + õige lahjat CuSO_4 ¹⁾). Nende abil võib tõestada valkude olemasolu toiduaineis, neeruhaigete kuses jne.

Osa valkaineid lahustub vees, osa mitte (keratiin ehk sarvaine, kollageen ehk liimitekitaja aine). Albumiinid lahustuvad destilleeritud veeski, globuliinid aga mitte. Globuliinid

1) Reaktsioonideks valmistatakse valgulahus kanamuna valgeosast (ilma kollaset), lisandades sellele 10—15 korda rohkem füsioloogilist lahust (0,75% NaCl -lahust). Enne lisandust hõõrutakse harilikult valku uhmris ja pärast kurnatakse läbi hõreda riide.

Ksantoproteiini reaktsioon. Valgulahusele kontsentreeritud (kanget) lämmastikhapet (HNO_3) lisandada ja keeta. Kollaseks muutunud segule ammoniaaki (NH_4OH) lisandada, kuni ta ruugeks (apelsinivärviliseks) muutub.

Biureedi reaktsioon. Valgulahusele lisandatakse söötnaatroni (NaOH) leelise reaktsioonini. Pärast seda valatakse sinna veel mõni tilk nõrka vaskvitrioli-lahust, mille järele valgulahus violetiks muutub.

lahustuvad nõrgas soolalahuses. Kanamuna valgus leidub albumiine ja globuliine. Lisandades sellele keedusoolalahust, saadakse läbipaistev lahus, kuna destilleeritud vee lisandamisel tekib muna valgus valge sade: albumiin sadestub, sest ta ei lahustu dest. vees. Albumiine ja globuliine leidub peale mitmekesiste toiduainete lihaseis ja piimaski. Nahakesena ehk kilena piima keetmisel pinnale tekkiv osa koosnebki neist kalgastunud valkudest.

Valgud ei seiti ehk diffundeeru läbi kilede, väga visalt ka läbi soole seina. Kui kilese põhjaga (loomapõiest, pärgament-paberist jne.) pudel, kus sees on valgulahust ühes soolaga, destilleeritud vette lasta, siis tungib sool läbi kile, kuid valk ei pääse pudelist välja. Põhjuseks peetakse seda, et valkaineid molekulid on väga suured. Valkaineid on iseäranis palju loomariigi saadustes (liha, kala, juust, kohupiim), aga ka mõneski taime-riigi saaduses (oad, herned, läätsed, pähkliid).

Süsivesikud koosnevad süsinikust (C), vesinikust (H) ja hapnikust (O). H ja O on samas võrrandis kui vees (H aatome 2 korda enam kui O aatome). Süsivesikuist on loomariigi saadused hoopis vaesed. Lihas on õige vähe suhkrut ja glükogeeni (loomatärklis). Piimas on piimasuhkrut (2—6%). Sellevastu on taime-riigi saadused väga rikkad toitvaist süsivesikuist. Tera-viljades on palju tärklis (40—60%). Kõiksugu aia- ja puu-viljas leidub suhkrut. Palju suhkrut on suhkrupeetides, ploomides, banaanides, õuntes, viinamarjades, viigimarjades. Tärklis ja suhkur on keemilise koosseisu järele ligidalt sarnased. Tärklis muutub kergesti (soolhappega keetmise, sülje tegevuse tagajärjel) suhkruks. Kui lahjale tärkliskliistrile (natuke tärklis veega keedetud) joodilahust lisandada, siis muutub tärkliselahus siniseks. Pärast tärklise happega keetmist või sülje mõju ei muutu lahus joodi mõjul mitte enam siniseks: tärklis on seal suhkruks muutunud.

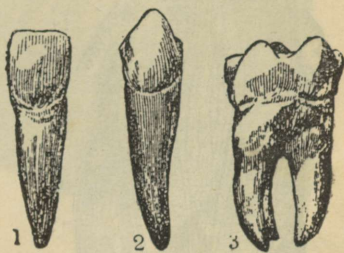
Et seal suhkur on tekkinud, näitab reaktsioon söötnaatroni ja vaskvitrioliga. Lisandame lahusele söötnaatroni (NaOH) ja siis vähe õige lahjat vaskvitrioli (CuSO₄) ja keedame. Lahuses ilmub punane või kollane sade (vase alahapend). See reaktsioon on iseloomuline viinamarjasuhkrule (Trommeri kats).

Rasv koosneb neistsamust algaineist (C H O) nagu süsivesikud, kuid hapnikku sisaldab ta vähem. Rasv lagub kergesti rasvhappeks ja glütseriiniks. Leelisega keetmisel eraldub glütseriin rasvhappeist, kusjuures rasvhapped annavad leelismetalliga ühinedes seebi. Rasva on leida niihästi taime- kui ka loomariigi saadustes. Oma koosseisu järele on nad mitmekesised. Rasvu, mis harilikul temperatuuril on vedelas olekus, nimetatakse harilikult õlideks (päevalille-, linaseemne-, kanepi-, oliivi- ehk provanksõli). Rasv ei lahustu vees. Paberile jätab ta pleki, mis sealt ei kao. Rasv lahustub eetris, bensiniis, alkoholis. Loomariigi saadustes on rasva rikkalikult rasvases lihas (35—40%).

Peale sulatatud rasva on loomariigi rasvadest rohkesti tarvitusel või (83% rasva) ja margariin. Osa margariine on siiski taime-rasvadest või segarasvast. Koor on rasvarikas. Tursakalade maksast saadakse rasva — kalamaksa-õli (Lebertran), mis arstin-duses laialt tarvitusel. Taimeriigi saadustest sisaldavad palju rasva varuainena mitmesugused viljad, seemned (kanep, lina-seeme, päklikid, päevalill, kookos), kus 32—50% ja enamgi rasva.

Valgud, süsivesikud ja rasvad on orgaanilised ained, energia- allikad ja ka ehitusmaterjal (valgud).

Mineraalained ehk **toitesoolad**. Toiduaine põletamise järgi jäävad nad **tuhana** alale, mis pärast neid mõnikord ka tuhka- neiks nimetatakse. Neid võib jagada kahte rühma — metalli- deks ja mittemetallideks. Metal- lidest leidub toiduaineis (inimese organismiski) **naatrium**, **kaalium**, **kaltsium**, **magneesium**, **raud** (Na, K, Ca, Mg, Fe). Nagu Ca, Mg ja Fe nii ka naatrium ja K leiduvad igalpool kudedes ja veres. Metallid moodustavad niinimetatud **alused mineraal- ained**, sest näit. NaOH, KOH j. t. on tuntumaid aluseid ehk lee- lisi. Alused moodustavad orga- nismis ühendeid orgaani- liste ainetega (näiteks valkudega j. t.) aga ka anorgaani- liste hapetega. Happetekiitajad ehk **happelised mineraalained**, mis harilikudena inimeses leida, on väävel, fosfor, kloor, jood, fluor, siliitsium (S, P, Cl, J, F, Si). Kõik nimetatud mineraal- ained saab inimene toiduaineist. Kunstlikud toiduained, ümber- töötuse saadused, on sageli hoopis vaesed või niihästi kui ilma mineraalaineteta (suhkur, õlid, tärklis, rasvad, või, võrdlemisi vaene on peenjahu jne.). **Teraviljas** ja **lihas** on **ülekaalus happed** (Cl, S, P j. t.), aia- ja puuviljas on ülekaalus alused (Na, K, Ca, Mg, Fe j. t.).



53. joon. 1: lõikehammas. 2: silma- hammas. 3: purihammas.

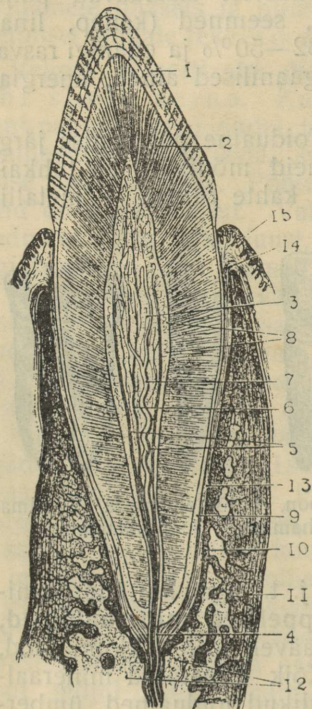
Seedeorganid ja seedimine.

Suus algab toidu ümbertöötamine: seal mälutakse toit pee- neks ja segatakse süljega. Mälumiseks ehk toidu peenendami- seks on suus **hambad**. Otse ees asetsevad peitlikujulised **lõike- hambad** (53. joon.), mille abil toidu küljest tükid lahti lõigatakse. Suu nurkade kohal on teravaotsalised **silma- hambad** (sama joon.), mis on abiks kõvade asjade (päkel jne.) katkihammustamisel. Põskede kohal asetsevad laia pealmise pinnaga **purihambad**. Eesmised purihambad (2) on vähemad, tagumised (3) suuremad.

Suurte purihammaste pealmisel pinnal on mitu, väikeste pinnal 2—3 nüri kühmu ehk kõbrukest. Lõikhambaid on 4 all ja 4 üleval, silmahambaid 2 ja 2, purihambaid kummagi põse kohal üleval ja all 5 (kokku 20). Nii on hambaid täisealisel 32.

Esimesed hambad ilmuvad 6. kuni 8-kuulisel lapsel. Lapsel ilmub 20 hammast (piimahambad), mille asemele tulevad pärast uued. Piimahammaste väljalangemine („murdumine“) algab 7.—8. eluaastal. Kõige viimased purihambad (tarkushambad) ilmuvad 17.—25. aastal, mõnikord isegi hiljemini.

Hamba osa, mis välja ulatub igemeist, nimetatakse **krooniks**. Lõualuus kinni on hammas **juure** abil. Purihammastel on juur mitmeharuline. Hambakrooni kõige välimine osa on õige kõva luusarnane ollus, mida nimetatakse **vaabaks** (email, 54. joon.). Hamba juure pealmist osa nimetatakse **tsemendiks**, mis on luu tihkeosa sarnane (vähe Havers'i torukesi). Vaaba ja tsemendi all on paksu kihina **hambaluu** (dentiin). Luuosa sees keskel leidub õõs, mis on täidetud säsi-ga. Säsi koosneb sidekoe kiududest ja rakkudest, kus asetsevad vahel veresooned ja ergud. Hambajuure otsas on märgata auguke, mille kaudu sooned ja ergud hambasse lähevad (54. ja 55. joon.).



54. joon. Alumise silmahamba pikilõike. 1: vaap. 2: hambaluu. 3: hamba säsi. 4: soonte ja erkude kimp, mis säsisse läheb. 5: erkude harud. 6: tiiksoonte harud. 7: tõmbsooned. 8: juussooned. 9: tsement. 10: hambasomp. 11: lõua luuosa. 12: luuüdi õõned. 13: luuümbris. 15: igemed.

Toidu peeneksmlumisel on purihambad kõige tähtsamad. Nende laiade pealmiste pindade vahel surutakse toit peeneks. Alumine lõualuu liigub mälumise ajal ka vasemale või paremale poole, nii et ta hõõrub, nagu vesikivi, kõvema toidu peeneks (võrdle kiskjaga!). Keel on seejuures toidu hammaste alla juhtijaks.

Mälumise ehk närimise ajal nõrgub suhu **sülge** mis toitu niisutab, limaseks ja libedaks teeb. Sülge tekib süljenäärmeis. **Süljenäärmed**, nagu teisedki seedeorganite ja naha näärmed, arenevad katekoest. Katekoe rakud on tihedasti koos, ilma põhiolluseta. Nääre areneb sel teel, et teataval kitsal alal hakkavad katekoe ehk epiteeli rakud teiste rakkude vahele sisse

vajuma. Seal kohal poolduvad katekoe rakud elavalt ja sisse-
vajumise tagajärjel kujuneb lohk, mis järjest sügavamaks muutub.
Nii tekib kas sirge toru (56. joon.) või aga toru alumine, süga-
vamale vajunud ots moodustab kerakujulise sombu — alveooli (57.
joon.).

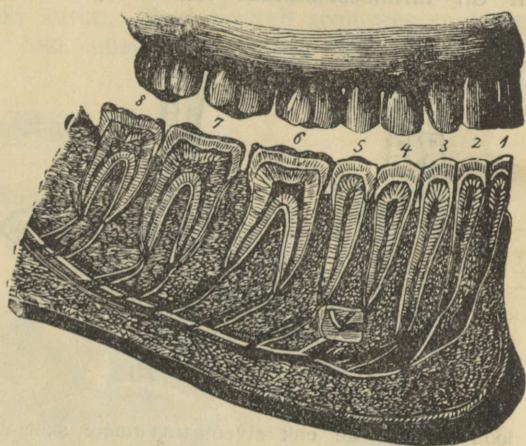
Esimest vormi näaret ni-
metatakse toru-
liseks näär-
meks, teist — al-
veolaarseks ehk
sombuliseks
näärmeks. See-
suguse lihtsa to-
ruga või alveoo-
liga nääre võib
haruneda, nii et
suuremal hulgal
torudel on ühine
juha, mis ava-
neb välja, naha-
le, seedeorga-
neisse jne. Sää-
raseid hargne-
vaid näärmeid
nimetatakse liit-

näärmeiks, mis omakorda samuti võivad olla kas toru- või alveo-
laarnäärmed. Süljenäärmed on liitnäärmed, ja nimelt alveolaar-
näärmed (58. joon.).

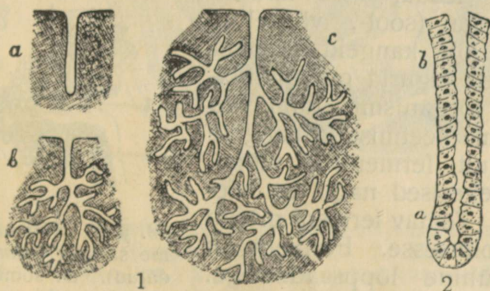
Süljenäärme raku-
de ülesanne ongi
sülje valmistamine.

Suured sülje-
näärmed on **kõr-
va-, lõuaalune ja
keelealune** nääre
(59. joon.). Kõrva-
süljenäärme sülg
voolab ülemise lõua
teise väikese puri-
hamba kohal suhu.
Lõuaalune ja keele-
alune nääre avane-

vad üheskoos keele all. Kõrva-süljenäärme sülg on vedel ja
läbipaistev, lõua- ja keelealuse oma sisaldab **mutsiini**,
limast, valkainet. Lima teeb toidupala libedaks, nii et ta kergesti
ja vigastusi tekitamata läbi söögitoru libiseb. Kuiva suutäit on

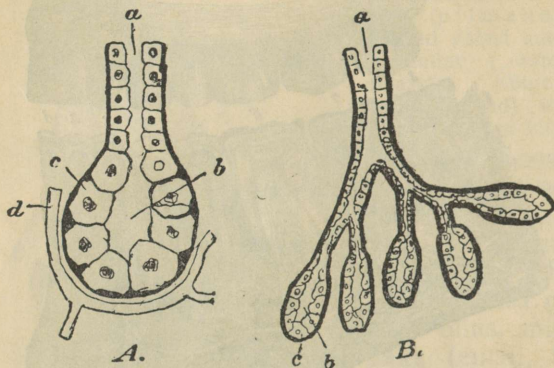


55. joon. Hambad soonte ja erkudega (valged). 1, 2:
lõikhambad. 3: silmahambad. 4—8: purihambad.



56. joon. Torunäärmete skeemid. 1 a: liht-, b: haru-
nev, c: liit-torunääre. 2: soole (Lieberkünni) liht-
torunääre. Näha tema epiteliaalsed seinarakud.

võimata alla neelata. Süljes on veel vähe soolasid ja fermenti, ptüaliini. **Ptüaliin** muudab tärgklise suhkruks. Kui kauemat aega leiba või muud tärgklis-sisaldavat ainet suus hoida, siis võib varsti märgata, et suutäis on magusamaks muutunud. Seal on tärgklisest suhkur tekkinud; lahustumatust ollusest on



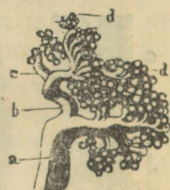
57. joon. Sombuliste ehk alveolaarnäärmete skeemid. A: lihtalveolaarnääre. B: liitalveolaarnääre. a: näärme kanal. b: õõs. c: näärmerakk. d: näeret ümbritsev vere juussoon.

Ptüalin (ptüü!) kuulub **fermentide** ehk **entsüümide** sekka. Fermentidel on elus ütle mata suur tähtsus. Nende abil toimuvad väga mitmekesised keemilised muutused, mis igas rakus alaliselt käimas. Nagu teada, võib tärgklisest suhkruks muuta hapetega (sool-, väävelh.) keetes. Kuid kehas ei ole kangeid happeid ega kõrget soojust: need tegurid on organismile otse kahjulikud. Organismis toimuvad keemilised protsessid ilma keetmise ja kangete reaktiivideta, peasjalikult fermentide mõjul.

Fermentid on mitmekesised nagu ka keemilised muutused kehas. Teatav ferment mõjub ainult teatavasse ollusesse. Ferment ei kulu reaktsioonil, ei ühine lõppsaadustega. Seepärast võib ferment miljonid korrad enam ollust muuta, kui teda ennast olemas. Soojus hävitab fermenti mõju; sagedasti lagub ferment juba 50° temperatuuris; mõned fermentid laguvad alles 75° juures. Fermentide koosseis on enamasti ligemalt teadmata.

Fermentide mõju on katalüsaatorite oma sarnane. Plaatina puru juuresolekul lagub vesiniku ülihapend (H_2O_2) veeks ja hapnikuks, misjuures plaatina ei muutu.

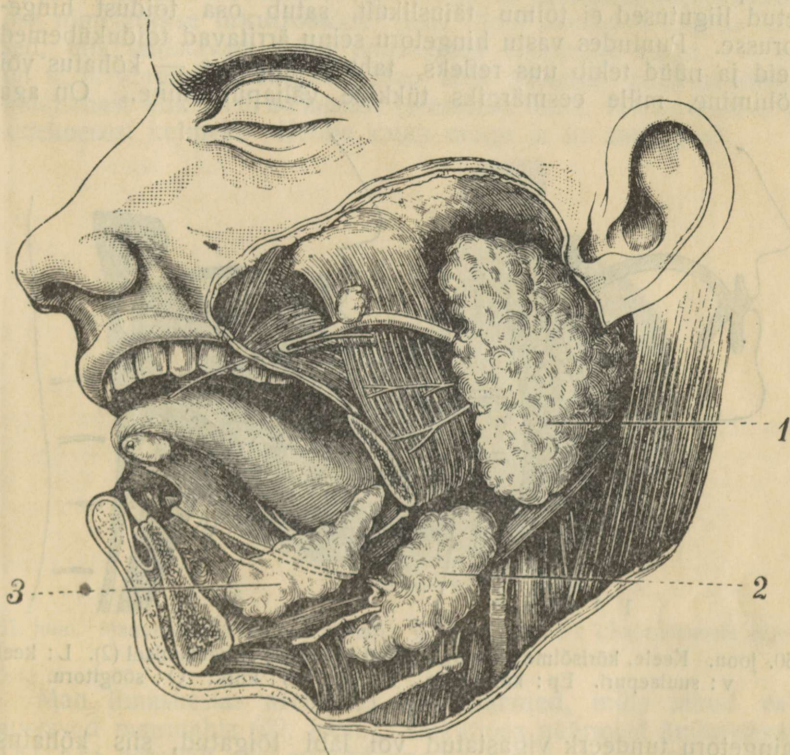
saanud lahustuv. Keedetud tärgklis muutub suhkruks kiiremini kui keetmata. Et suhkur on tekkinud, seda võib tõestada vastava reaktsiooniga (söötnaatron + vasevitriol, keeta). Tärgklis ei anna seda reaktsiooni: ei teki punast sadet. Sülge seega omab võimet **seedida**, s. o. **muuta lahustuvaks**, tärgklis.



58. joon. Süljenäärme sagarik (suurendatud). d: sombud ehk alveoolid. a, b, c: viimajuhad.

Kui näiteks keeta lahjendatud sülg ja seda lisandada tärglise lahusele, siis ei toimu enam seedimist, s. o. tärglis ei muutu suhkruks, nagu võib tõestada joodiga või vaskvitrioli ja natriumleelise abil.

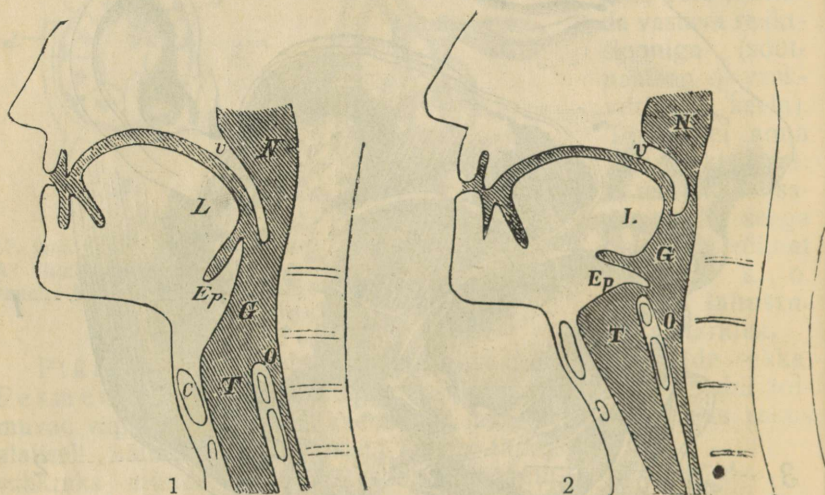
Neelamine. Kui toit peeneks ja süljega libedaks tehtud, tõukab keel toidutüki kurku. Keel ligineb seejuures suulaele ja tõukab siis päraga tüki edasi. Neelamise ajal katab suulae



59. joon. Süljenäärmed. 1: kõrva-süljenääre juhaga, mis teise purihamba kohal avaneb (harjas läbi toruotsa). 2: lõuaalune süljenääre. 3: keelealune süljenääre. 2 ja 3: viimajuhad avanevad üheskoos keele all.

tagumine pehme osa — suulaepuri — kurgu ja ninakoopa vahelise avause kinni, et toit ninna ei pääseks (juhtub vahel köhatuse korral). (Tagumisel osal suulaepurjel on kurgunibu; kõrval mandlid, mis mõnikord paistetavad. Tutvuge kurgunibuga, vaadeldes peegluga!). Neelamise algus oleneb tahtest, kuid niipea kui toidutükk keele pärale on jõudnud, läheb edasine tegevus ilma tahteta, reflektiivselt. Et toit hingetorusse

ei satuks, selleks tõuseb kõri üles, nii et ta kaetakse **kõri-pealise**ga (60. joon.). Hingetoru sulgemine peab toimuma suure **täpsusega**, sest muidu satub osa toidust sinna. Kõigi vastavate lihaste kokkutõmme reguleeritakse masinliku korrapärasusega, reflektiivselt. Neelatakse niipea kui toit kokku puutub keelepäraga: kokkupuude põhjustab refleksi (ei satu enam sülgegi keelepärale, siis neelata ei saa; katsuge!) Niipea kui need tahtetud liigutused ei toimu täiuslikult, satub osa toidust hingetorusse. Puutudes vastu hingetoru seinu ärritavad toidukübemed neid ja nüüd tekib uus refleks, tahtetu liigutus — kõhatatus või kõhimine, mille eesmärgiks tükki välja puhumine. On aga



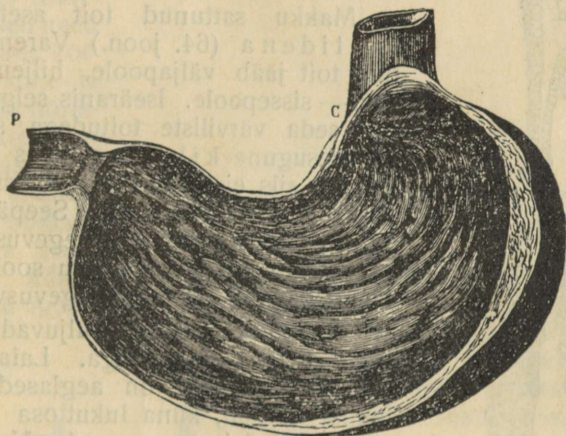
60. joon. Keele, kõrisõlme ja kurgu asend vabalt (1) ja neelamisel (2). L: keel. v: suulaepuri. Ep: kõripealis. T: kõri. G: kurk. O: söögitoru.

hingetoru tundeerk vigastatud või läbi lõigatud, siis kõhatusi ei teki, toidutükid sulevad hingetoruharusid, bronhe ja varem või hiljem järgneb surm.

Läbi söögitoru minnes surub toidutükk hingetoru tagumise kilese osa ettepoole. Söögitorus kihutavad toidupala edasi lihased. Kõri ringlihased tõmbuvad kokku ja nimelt nii, et kokkutõmbunud on ikka kitsas ala, mis järjest allapoole liigub, tõugates eesolevat eset. Söögitoru, eriti alumises osas, koosneb silelihaseist. See läbib vahelihas, tungides kõhuõõnesse. Söögitoru lainelisel ringlihaste kokkutõmbel on nii suur jõud, et see suudab ligi $\frac{1}{2}$ kg-lise rõhumise tekitada. Liiga suure pala neelamisel viibib maoni jõudmine („rindu kinni“). Niipea kui toidupala maoni jõudnud, avaneb **maolävis**, mis muidu on ring-

lihase abil alaliselt kinni. Maolävis avamine toimub reflektiivselt (ärrituseks on toidupala rõhumine ja kokkupuude söögitoru limanahaga).

Seedimine maos. Magu asetseb vasemal poolel. Tema jämedam ots on pöördud vasemale, peenem — paremale küljele. Ülemine maopool moodustab väikese nõgusa kõveriku, alumine — suure kumera kõveriku (61. joon.). Mao peenemat parempoolset osa nimetatakse **lukutiosaks**. Selle lõpul asetsevad ringina lihased, mis takistavad toidu enneaegset lahkumist maost — see on n. n. maolukuti **sulgur**. Mao sein koosneb kolmest kihist: limanahast ehk **limaskestast** (seesmine kiht), **lihaskestast** ja sidekoesest kelmest. Kelme katab magu ja ka sooli pealt.



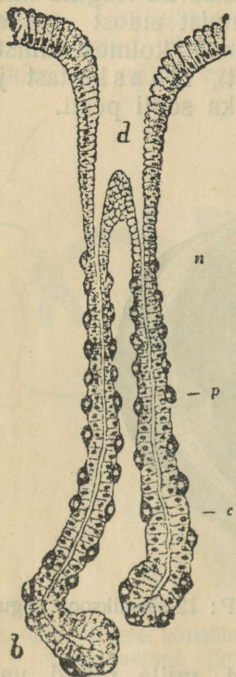
61. joon. Maovoldid (sisemisel seinal). C: maolävis. P: 12-sõrmiksoole algus.

Mao limaskestas asetsevad **torunäärmed**, mille rakud valmistavad maomahla (62. joon.). Lukutiosa näärmeid ümbritsevad väljast hõredalt veel erilised panusrakud, mis tekitavad soolhapet. Puhast maomahla katsetamiseks saadakse koerte maost sel teel, et magu (või ka maossa) ühendatakse välisilmaga uuriskäigu kaudu. Metallist uuris ehk fistel õmmeldakse mao ja naha vahele ja selle kaudu voolab maomahl maost välja. Et toit mahlaga ei seguneks, selleks lõigatakse söögikõri katki ja õmmeldakse otsipidi naha külge, nii et neelatud toit kaela pealt välja langeb (Pavlovi viis, 63. joon.).

Maomahl on läbipaistev värvitu vedelik, hapu maitsega. Maomahlale hapu maitse annab soolhape, mida on maomahlas 0,2—0,5%. Tähtsaks fermentiks on maomahlas **pepsiin**, mis mõjub valkudesse, muutes neid lahustuvaiks ühendeiks.

Eriti piimatoidul on maomahlas veel libedikferment (laap), mille toimel kalgendub piima kaseiin (juustuvalmistus!)

Pepsiini tegevus avaldub ainult **hapus** reaktsioonis, mispärast pepsiin ilma soolhappeta ei seedi. Pepsiini tegevuse tagajärjel lammutatakse valkaine osiseiks, n. n. peptoonideks. Peptoonid lahustuvad kergesti vees, seitivad (diffundeeruvad) läbi kile ja ei sadestu keetmisel, kuid piiritusega annavad sademe, nagu valgudki. Peale selle, et soolhape on tarvilik valkude seedimisel, on tal veel desinfitseeriv tähendus. Soolhappe mõjul hävinevad bakterid, mis on maku sattunud.



62. joon. Mao torulised näärmeh. b: näärmehetoru põhj. d: juha. n: näärmehkael. c: pearakud. p: panus-rakud.

Makku sattunud toit asetseb seal kihtidena (64. joon.) Varemini söödud toit jääb väljapoole, hiljemini söödud — sissepoole. Iseäranis selgesti tõestab seda värviliste toitudega söötmine. Et seesugune kihiline seis kauemini kestab, siis ei tungi maomahl mitte ruttu igale poole toidu sisse. Seepärast võib sülje ptüaliin maos oma tegevust jätkata, seni kui ta kokku ei puutu soolhappega. Hape hävitab ptüaliini tegevusvõime.

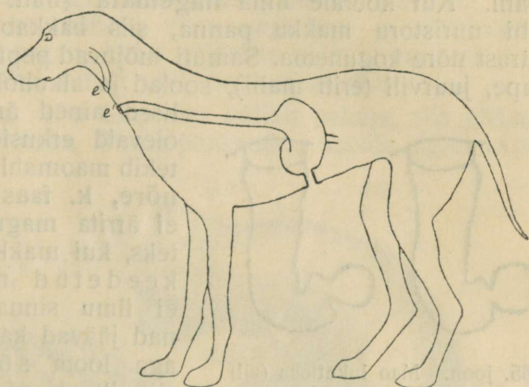
Maoseina lihased muljuvad toitu ja segavad teda maonõrega. Laia mao-osa (põhja) liigutused on aeglased ja võrdlemisi nõrgad, kuna lukutiosa liigutused on kiiremad ja tugevamad. Umbes mao viimasel kolmandikul, lukutiosa alul, tekib ringlihaste kokkutõmbe tagajärjel ahene mine ehk soondumine, mis lainena liigub mao lukuti poole, tõugates oma ees toitu (65. joon.). Maolukuti ringlihas hoiab aga avause kinni, nii et lukutiosas leiduv toitpuder peab tagasi minema mao põhja (laia osa) poole, läbi ahene nud ehk soondunud ala. Säärasel toidu

muljumisel seguneb ta korralikult maomahlagaga ja muutub vedelamaks ning peenemaks (toitpuder). Ainult siis, kui toitpuder ehk toitkõrt küllalt peenendatud, laseb ringlihas ta soolde.

Maomahla nõristus algab juba siis, kui koerale (iseäranis näljasele) näidata toitu ja teda nõndaviisi toiduga ärritada. Sel korral on maomahla nõristuse väljakutsujaks suuraju, n. n. psüühiline protsess (toidu nägemine, haistmine, kujutelm). Samuti ilmub ka sülge suhu maitsva toidu kujutlemisel. Tähen-

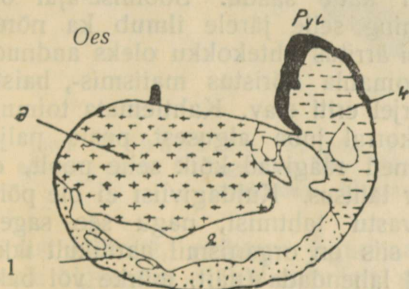
dab, maomahla nõristus võib alata ilma rooga maitsmata ja söömata, lihtsalt juba nägemise, haistmise või kujutluse tagajärjel. Võiks ütelda, et sel juhul on ärritamas mälestus endiseist mõnusaist maitseärritustest (tingeline refleks): imemisealine laps (imik) ei ole

maitsnud roogaid ja tal ei teki ei sülje ega maomahla nõristust vägagi maitsvate roogade nägemisel! Harilikult on nimelt **maitseärritused** need tegurid, mis kõige pealt sülje- ja maomahla nõristuse (sekretsiooni) põhjustavad. **Maitstva toidu** peale nõrgub maomahla rohkem kui mittemaitstva peale. Samuti on lugu süljenõristusega, nagu juba igapäevane kogemus näitab.



63. joon. Magu fistliga ja nahale õmmeldud söögitoru (e).

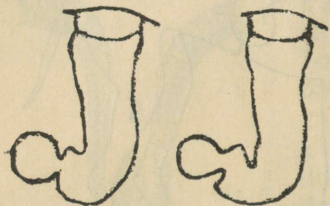
Et maonõristus toimub ilma toidu maku sattumata, see on tõestatud väga ilmekalt **pettustoitmisega**. Sööb mao uuristoruga koer ja nahale õmmeldud söögitoru otstega, siis tuleb toit arusaadavalt söögitoru otsa kaudu välja, ilma maku pääsemata. Arusaadavalt erutuvad selgi korral söömise ajal maitseergud (toimimas on ka haistmis- ning nägemisärritused).



64. joon. Toidu kihilisus koera maos 3 tundi pärast söömist. 1: Sinine toit. 2: valge toit. 3: punane toit. A: mao lukutiisa, kus toit segunud. Oes: söögitoruots. Pyl: mao lukuti.

maomahl välja. Ärritatakse ehk tülitatakse koera sel ajal, kui tal voolab maomahl (näit. kassi näitamise), siis soikub nõristus. Nii siis — **vastumeelne ärritus takistab** ehk **pärsib maomahla nõristust**. On teada, et pahas või ärritatud meeleolus

kaob isu. Süüa pahas ehk rõhutud meeleolus, millal isugi puudub, ei ole soovitav, sest siis ei toimu maomahla nõristus tarviliku hooga. Maoliigutusedki on siis takistatud. Kuid mitte ainult psüühiliste ärrituste, vaid ka keemiliste tagajärjel nõrgub maomahl. Kui koerale ilma **nägemata** (näit. magamise-ajal) liha läbi uuristoru makku panna, siis hakkab sinna 15—30 min. pärast nõre kogunema. Samuti mõjuvad peptoonid, puljong, piimhape, juurvili (eriti mahl), soolad ja alkohol. Nimetatud keemilised ained ärritavad mao seintes olevaid erkusid ja selle tagajärjel tekib maomahla nõristus (**keemiline nõre, k. faas**). Kuid toiduained ei ärrita magu ühteviisi. Nii näiteks, kui makku panna leiba või keedetud munavalget, siis ei ilmu sinna kaua aega nõret; nad jäävad kauaks seedimata. Kui aga loom sööb leiba või muna, siis ilmub nõre ruttu nägemise- ja maitseärrituste tagajärjel, ning nad



65. joon. Mao lukutiosa (all) rõngakujuline soendumine.

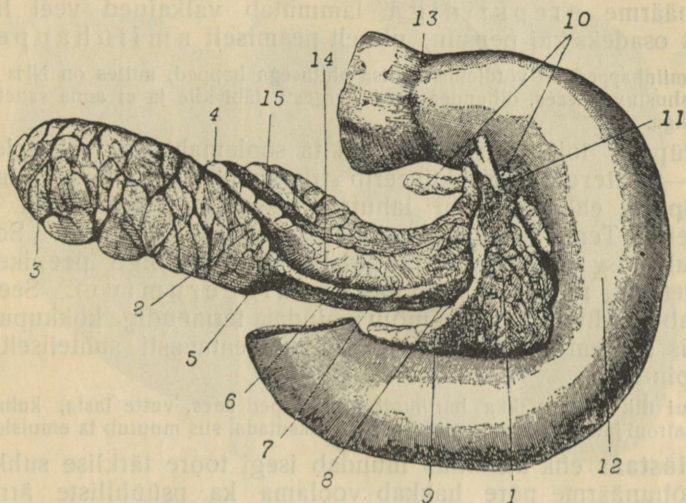
seeditakse võrdlemisi kergesti ära. Seedimisel tekivad muu seas peptoonid (leiva, muna j. t. valkaineist) ja need ärritavad maoerkusid (keemiline ärritus). Kummagi ärrituse (psüühilise ja keemilise) mõjul ilmub oma osa nõret. Mõlemaid nõresid võib eraldi kätte saada. Söömise-ajal on mõjunud mõlemad ärritused ning selle järele ilmub ka nõret kokku nõnda palju kui kumbki ärritus ühtekokku oleks andnud. On loom **näljane**, siis on maomahla nõristus maitsemis-, haistmis- ja nägemisärrituste tagajärjel eriti elav. Kahtlemata toimub seedimine elavama nõristuse korral juba algusest peale palju energilisemalt. Eelnevad andmed räägivad kõik selle poolt, et näljaaistingul on söömisel suur tähtsus. Kuidagiviisi ei ole põhjendatud sööma sundimine vastu tahtmist, nagu see sageli juhtub. Puudub näljaaisting, siis on organismil harilikult ikka tarvis mingeid teisi ülesandeid lahendada (näit. mürke või baktereid kahjutuks teha) ja sel ajal ei ole kohane organismi veel koormata seedetegevusega: mitut ülesannet ei saa organism korraga edukalt täita.

Nagu uurimused on tõestanud, on **näljaaisting** seotud mao kokkutõmmetega: mõnekümne minuti vältel toimuvad hooti mao kokkutõmbed ja lõtvumine. Viimaks kaovad kokkutõmbed mõneks tunniks ja kaob ka näljaaisting.

Nagu eelnevast järgneb, algab maos **valkainete** seedimine pepsiini abil. (On magu haigestunud, siis ei ole kohane teda koormata seedetöoga, süües valgurikkaid roogasid. See ongi põhjus, miks sel juhul soovitatakse mitte süüa liha, juustu jne.) Peale

valkainete seedimise takistab mao soolhape bakterite sigimist ja hävitabki neid. Vaatamata neile mao tähtsaile ülesandeile võib loom siiski elada ilma **maota**, nagu näiteks on võimalik elu ilma jäsemeta jne. Kui magu välja lõigatud, siis täidavad tema ülesannet sooled ühes kõigi sinna avanevate näärmetega. Ilma maota loom peab aga sööma väga sagedasti ja vähehaaval. Magu on peale muu organ, kuhu võidakse korraga suurem hulk toitu varuks vastu võtta, nii et võib harvemini süüa.

Seedimine sooles. Kui toitpuder küllalt pehme, siis pääseb ta läbi maolukuti sooltesse. Toidu pääsemine soolde algab varsti



66. joon. Kõhunäär. 1: pea. 2: keha. 3: saba. 4: ülemine serv. 5: eesmine serv. 6: tagumine serv. 11: ühissapijuha. 12: alanev 12-sõrmiksoole osa. 13: maolukuti sulgur.

pärast söömist, väikeste jagudena. Niipea kui toitpudru tükk soole algusesse — kaksteist-sõrmiksoolde — jõudnud, avaldab ta soolhape või rasv seal ärritavat mõju soole peale, mille tagajärjel sulgur jälle kinni tõmbub (refleks). Kui hape neutraliseeritud ja toidutükk edasi nihkunud, siis pääseb uus osa maost välja. Nii püsib maos toit 3—5 tundi, raskesti seeditav (rasvane ehk suitsetatud liha, rasvased kapsad, palju leiba jne.) isegi veel kauemini. Kaksteistsõrmik algab mao küljest, läheb paremale poole, pöörab sealt allapoole ja varsti tagasi vasemale. Tema pikkus vastab umbes 12 sõrme laiusele (sellest nimetus). Temasse avanevad õige tähtsad seedenäärmed: kõhunäär ja maks.

Kõhunäär (66. joon.) asetseb mao taga 12-sõrmiksoole keeru

sees. Ta on piklik valkjas nääre (20 sm pikk, 3—4 sm lai). Ta on liit-alveolaarnääre, mille rakkudest voolab nõre juhadesse, mis liituvad ja kaksteistsõrmikusse avanevad.

Kõhunäärme nõrel on seedimisel kõige suurem tähtsus. Tema on fermendid kõigi toitainete tarvis, nimelt valgu seedimiseks (= lahustuvaks muutmiseks) **trüpsiin**, rasva seedimiseks **lipaas**, tärglise jaoks **diastaas**. Trüpsiini tegevus avaldub ainult neutraalses või leelises reaktsioonis. Nagu aga teada, on maonõre hapu reaktsiooniga. Happe neutraliseerimiseks on kõhunäärme nõres leelissoolasid (NaHCO_3 , sooda). **Trüpsiin** koos kõhunäärme erepsiiniga lammutab valkained veel lihtsaimaks osadeks kui pepsiin, nimelt peamiselt amiinhappeiks.

Amiinhapped on võrdlemisi lihtsa ehitusega happed, milles on NH_2 rühm. Nad lahustuvad vees, diffundeeruvad kergesti läbi kile ja ei anna sadet isegi alkoholiga.

Trüpsiin toimib eriti siis, kui ta soolemahlaga (selles leiduv aine — **enterokinaas** aktiveerib trüpsiini) kokku on puutunud.

Lipaas ehk steapsiin lahutab rasva glütseriiniks ja rasvhappeks. Tema tegevuseks läheb tarvis sapivedelikku. Sooltes muutub rasv sapihapete ja leelise mõjul õige peenikesteks tilgakesteks, nagu ta on piimas (emulgeerumine). See kergendab seedimismahlade mõju: pindala fermendiga kokkupuuteks on siis suurem (vähemal tilgakesel on teatavasti suhteliselt suurem pindala).

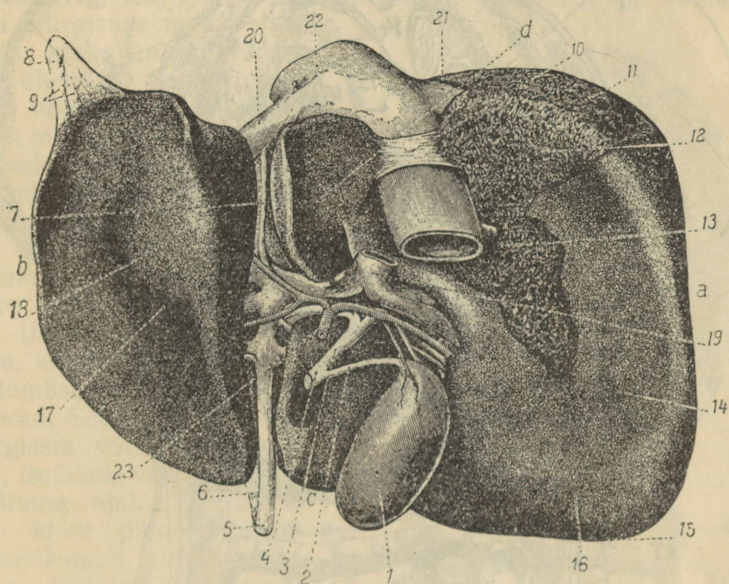
Kui tilk õli, kus ikka harilikult rasvhapped sees, vette lasta, kuhu vähe sõõtnaatroni juurde lisatud, ja seda natuke loksutada, siis muutub ta emulsiooniks.

Diastaas ehk **amülaas** muudab isegi toore tärglise suhkruks.

Kõhunäärme nõre hakkab voolama ka psüühiliste ärrituste (pettustoitmise, kujutelma) mõjul. Pea-ärritajaiks on aga keemilised ollused, mis 12-sõrmiksooles oma mõju avaldavad (soolhape, rasvhapped). Liha, leiva või piima tarvitamise korral ilmub iga kord toidu kohaselt isesugusel määral nõret ja nõre ise on iga kord erineva koosseisuga (fermentide rohkuse järele). Kõige enam fermente on nõres, mis piima peale voolab, kõige vähem — liha, keskmisel määral leiva peale voolavas nõres. Siit näeme, et seedenäärmed kaunis suurel määral töötavad toidu kohaselt.

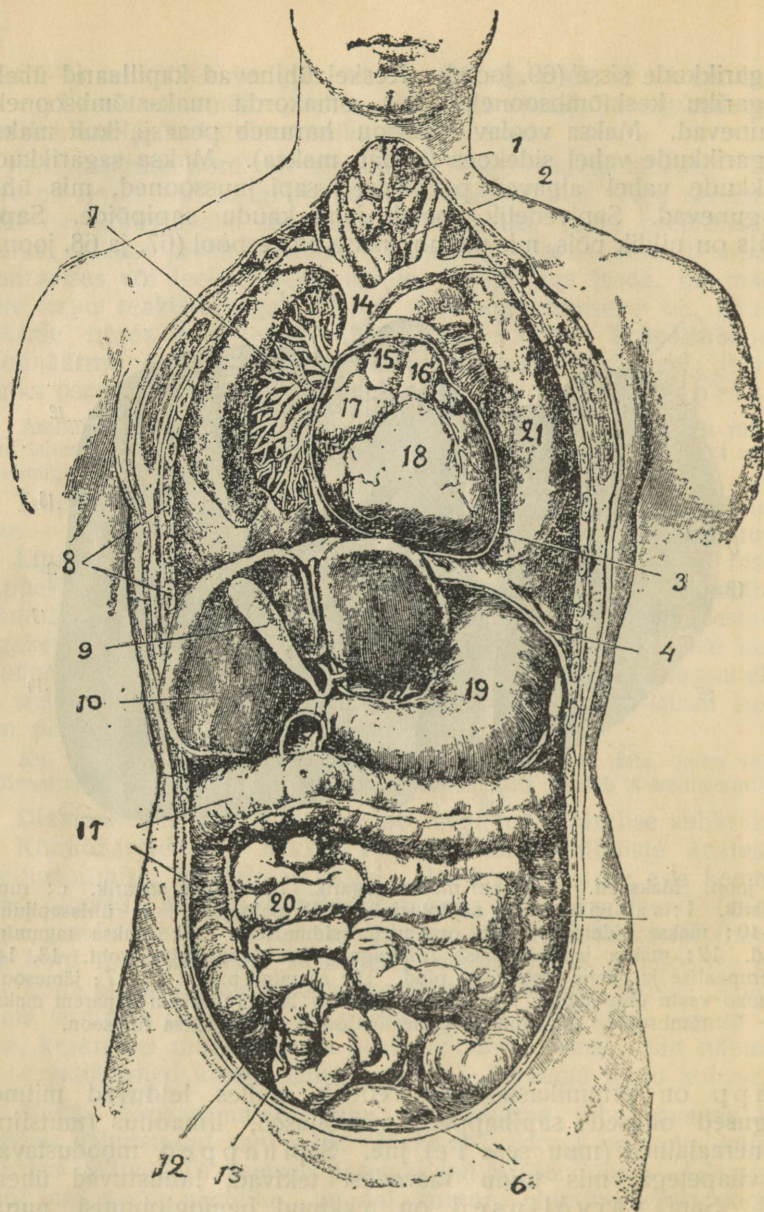
Maks. Sinnasamasse, kuhu kõhunäärme juha, avaneb ka maksas valmistatud sapi juha. Maks (67. joon.) on keha kõige suurem nääre. Ta asetseb paremal küljel (68. joon.). Ülemine pool, mis vastu vaheliha, on tal kumer, alumine (vastu sooli) nõgus. Paks osa on tal paremal tagapool, ees asetseb õhem osa. Maksa rakud moodustavad torud (torunääre), mis on sapivedeliku teedel alguseks. Maks koosneb üksikutest sagarikkudest, mis on palja silmaga märgatavad. Sooltest voolab maksa sagarikkude vahele väratitõmbsoon, kus tast lähevad kapillaarid

sagarikkude sisse (69. joon.). Keskel ühinevad kapillaarid üheks sagariku kesktõmbsooneks, mis omakorda maksatõmbsooneks ühinevad. Maksa voolav tuiksoon haruneb peasjalikult maksa sagarikkude vahel sidekoes (toidab maksa). Maksa sagarikkude rakkude vahel algavad peenikesed sapi juusooned, mis ühte kogunevad. Sapivedelik voolab juha kaudu sapipõide. **Sapipõis** on piklik põis, mis peitub maksa all eespool (67. ja 68. joon.).



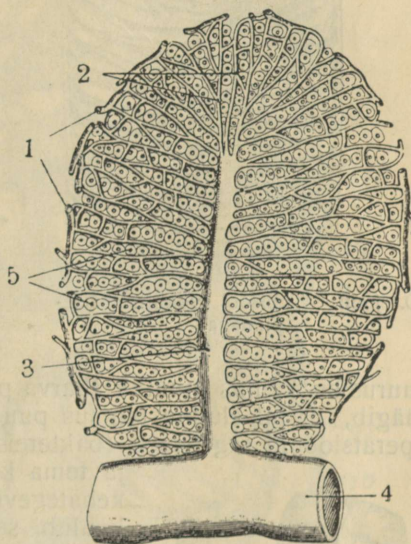
67. joon. Maks alt. a: parem maksa sagarik. b: vasem sagarik. c: ruut-sagarik. 1: sapipõis. 2: sapipõiejuha. 3: maksajuha. 4: ühissapijuha. 5—10: maksa sidemed teiste organitega sidumiseks. 11: maksa tagumine pind. 12: maksa ja vahelihaše (diafragma) kokkukasvamise koht. 13, 14: neerupealise ja neeru vastu olev pind. 15: eesmine pind. 16, 17: jämesoole ja mao vastu olev pind. 19: väratõmbsoon. 20, 21: vasem ja parem maksa tõmbsoon. 22: alumine õõnestõmbsoon. 23: maksa tuiksoon.

Sapp on pruunikaskollane vedelik, milles leiduvad mitmesugused ollused: sapihapped, värvollused, limaollus (mutsiin), mineraalained (muu seas Fe) jne. Sapihapped moodustavad rasvhapetega, mis toidu rasvadest tekivad, lahustuvad ühendid. Sapi värvollused on tekkinud hemoglobiinist, punaliblede värvollusest. Maksas tekib sapp alaliselt ja koguneb sapipõide, kust ta toidu seedimise-ajal välja voolab ühes kõhunäärme nõrega. Sapp kiirustab fermentide tegevust, iseäranis rasva seedimist. Kui sapivedelik soolde ei pääse (sapijuha sapikivikestega suletud või sapijuha ots nahale õmmeldud), siis ümb-



68. joon. Sisikond. 1: kõri. 2: hingetoru. 3: südamepaun. 4: vahelihas. 5: jämesool. 6: kusepõis. 7: kopsu veresooned. 8: läbilõigatud roied. 9: sapipõis. 10: maks. 11: jämesool. 12: umbsool. 13: ussjätke. 14: ülemine õõnes tõmbsool. 15: aort. 16: kopsu tuiksool. 17: parem südamete koda. 18: parem südamete vatsake. 19: magu. 20: peensool. 21: kopsu vasem pool.

ritseb seedimata rasv toidukübemekesi, takistab nende juurde seedemahlade pääsemist ja edendab seega bakterite elu, roiskumist, nii et tekivad väga haisevad väljabeited. Ei pääse sapp soolde, vaid imitseb verre, siis tekib kollatõbi (nahk kollane). Iseenesest ei ole maksal seedimise mõttes siiski suurt tähendust. Palju tähtsam on maksa **mürkide kahjutuks tegemine**. Paljud mürgid, mis kehas eneses tekivad või kunstlikul teel sinna sisse viiakse (Hg, Cu, Fe, Pb soolad, kiniin, morliin j. t.), kaotavad oma mürgisuse maksa satudes: maks lammutab nad või ühendab teiste ollustega, nõnda et nad kahjutuiks muutuvad. Kui maks loomal välja lõigata, siis jäävad rakkudes või sooles tekkinud mürgid verre, kuhu neid ikka juurde tuleb. Iseäranis sooltest satuvad verre mitmesugused mürgid (fenool ehk karboolhape, kresool jne.), mis väratitõmbsoone kaudu maksa lähevad. Seepärast on kõige mürgisem väratitõmbsoone veri, iseäranis veel lihatoidu seedimise ajal. Seepärast elab loom pärast maksa väljalõikamist ainult mõne tunni. Kui aga ainult sapp toru kaudu kehast välja juhtida, siis võib loom ilma iseäralise veata elada.

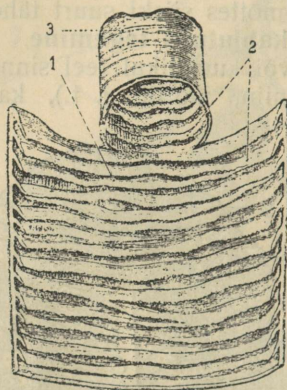


69. joon. Maksa sagariku pikilõik. 1: sagarikkudevahelised tõmbsooned. 2: juussooned. 3: kesk-tõmbsoon. 4: sagarikualune tõmbsoon. 5: maksarakud.

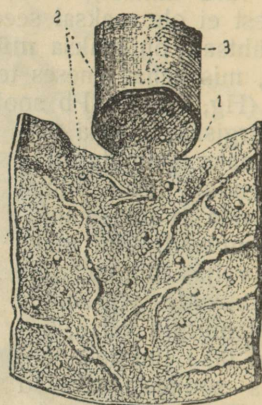
Kolmandaks on maks veel varu-aidaks, kuhu koguneb **glükogeen** ehk loomatärklis (lahustub vees, iseäranis soojas, joodiga värvub punaseks). Glükogeeni on maksas sagedasti kaunis palju (harilikult $1\frac{1}{2}$ —4%). Glükogeen on tekkinud suhkrust ja muutub fermentide mõjul jälle kergesti tagasi suhkruks. Töö või nälgimise ajal muutub ta kiiresti suhkruks, satub verre, kust ta edasi kantakse sinna, kuhu tarvis.

Sooled. 12-sõrmiksoolest läheb toitpuder edasi sooltesse. Esimene osa soolest on peenike, lõpposa jäme (68. ja 73. joon.). Peensool, mille pikkus 5 m ümber, jaotatakse kahte ossa: **tühisool** ja **niudesool**. Tühisooles (maopoolne sooleosa) on palju poolkuu-sarnaseid volte (70. ja 71. joon.), mis soole pinda tunduval määral suurendavad. Peensool (niudesoolena) avaneb

jämesoole paremal küljel, vähe kõrgemal jämesoole algusest, nõnda et sinna tekib n. n. pime- ehk umbsool (72. joon.). Umbsoole otsa kinnitub väike ussjätke. Ussjätke

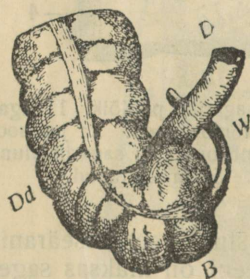


70. joon. Tühisool voldilise sise- pinnaga.



71. joon. Niudesool. Näha üksikud voldid ja mahlasõlmed (2).

suurus on kaunis muutlik (harva puudub koguni), mis selle poolt räägib, et tal eluline tähtsus puudub. Tõepoolest on ussjätke operatsioonid sagedased (baktereist tekitatud põletiku tagajärjel) ja tema kõrvaldamisele ei järgne erilisi kehategevuse korratusi, häireid. Ussjätke kuulub seega rudimentaarse te organite hulka.



72. joon. Umbsool ussjätkega. D: peensoole lõpposa. Dd: jämesoole algus. B: umbsool. W: ussjätke.

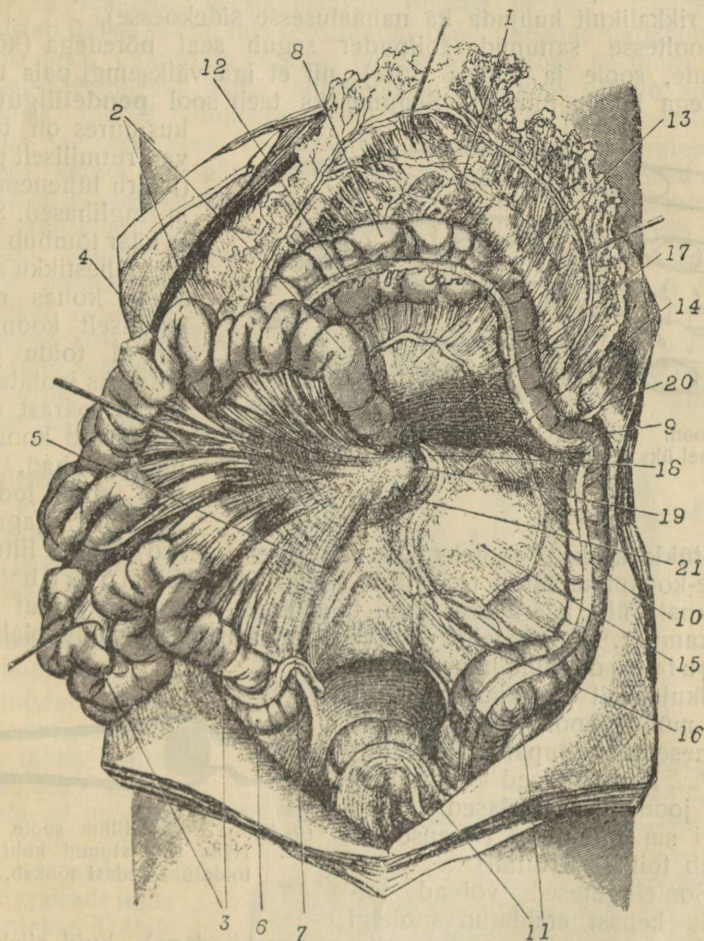
Paremalt poolt alt alates tõuseb jämesool üleneva **käärsoole** nime all üles, pöörduv risti üle kere vasemale küljele (risti käärsool), kust ta siis alla läheb (alanev käärsool). All teeb käärsool S-taolise keeru ja lõpeb ühtlase, mittekäärulise pärasoolega. **Pärasool** lõpeb pärakuga, mille ümber on ringlihas (harilikult kokkutõmbunud olekus).

Soolte sein koosneb kolmest kestast, nagu maoseingi. Seesmine kest on moodustatud **limanahast** (limaskest), kus peituvad soole näärmed.

Vahepeal on silelihaste kiht, milles on ring- ja pikuti-**lihased** (sisemised ring-, välimised pikutilihased). Sooli katab **kelme**. Ta katab neid kilena, mis soolte pealt läheb taha kõhuseina külge, moodustades kahekordse voldi — **kesk-**

med (73. joon.). Keskmeh hoiavad sooled teatavas, tarvilikus asendis (muidu keerdu!).

Üldse katab kogu kõhuõõnt seest õhuke kõhukelme. Selgroo kohal läheb ta kõhuõõne sisemisest seinast kohati lahti

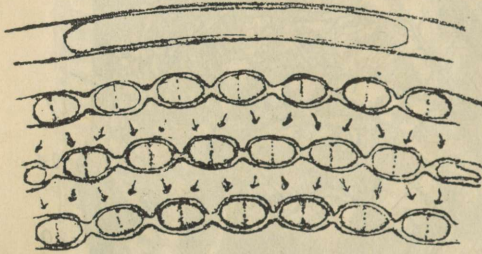


73. joon. Keskmeh ja rasvik. 1: suur rasvik, üles tõmmatud. 2, 3: tühi- ja niudesool. 4: keskmeh. 5: keskmehete juur. 6: umbsool. 7: ussjätke. 8—12: jämesool. 13, 14: jämesoole keskmeh.

ja moodustab voldid. Nende voldide vahel asetsevadki sooled. Kuid ka teised organid, nagu maks ja magu on samasuguste kelmevoldide vahel. Kelme ise on organiga, mida ta ümbritseb, kokku kasvanud. Mao peal asetsev kelme tuleb voldina sealt

alla, soolte ette, tõuseb aga varsti jälle tagasi üles ja kinnitub lülisamba ligi. Seda keskmete voltii (neljakordne) nimetatakse **suureks rasvikuks** (vt. joon. 73). Temasse korjub enam või vähem rasva, mida rasvunuil võib seal olla õige palju. (Rasv võib rikkalikult kuhjuda ka nahaalusesse sidekoesse).

Sooltesse sattunud toitpuder segub seal nõredegaga (kõhunnäärme, soole ja maksa nõre), nii et iga väiksempi pala toitu nendega kokku puutub. Segumiseks teeb sool **pendelliigutusi**,



74. joon. Toidutüki osadeks lõikumine. Ülemisel joonisel üks toidutükk, alumistel sama tükk paljudeks osadeks jaotatud.

iga tükk keskelt pooleks, ja naabruses olevad pooled liituvad mitte-kokkutõmbunud osas ühte (joon. 74). Nii „lõigub“ sool toidupala ühe kääru sees kuni tund aega, tehes iga minut mitu „lõikamist“. Vahetevahel ilmuvad **peristaltilised** (rudivoolelised) liigutused, mille juures soole ringikujuliselt kokkutõmbunud osa mööda soolt edasi nihkub ja enese ees toidupala edasi kihutab. Peristaltilised liigutused (75. joon.) on aeglased (ainult mõni sm minutis). (Peensooles viibib toit 3—5 tundi).

Sooleliigutused võivad toimuda kehast eraldatud soolelgi (sooleseinas on oma ergustik, ergurakkudega), kuid siiski on sool seotud keskergukavaga. Nii näiteks pärsib sooleliigutusi mõnutus, kiirustab mõnu. Uit-ergu (ajust) ärritus kiirustab, sümpaatilise ergu ärritus pärsib sooleliigutusi.

Soolte limanahas on palju näärmeid, mis ka nõret valmistavad. Soole nõres on aine, mis aktiveerib (teeb mõjuvaks) trüpsiini (**enterokinaas**). Keedetud soole nõre ei aktiveeri teda. Peale selle on soole veel ferment, mis valkude lammutusel tekkinud ained kõik lõplikult amiinhappeiks lahutab

kusjuures on tegevad rütmiliselt piki- (kääru lühenemine) ja ringlihased. Soole käär tõmbub mitmes lähestikku asetsevas kohas ringkujuliselt koomale, nii et toidu pala mitmeks jaotatakse. Varsti pärast seda tõmbuvad koomale need kohad, mis olid enne lodevil. Sedaviisi jaguneb



75. joon. Peristaltiline soole liigutus. Näha soonistunud koht, mis toidutükki edasi tõukab.

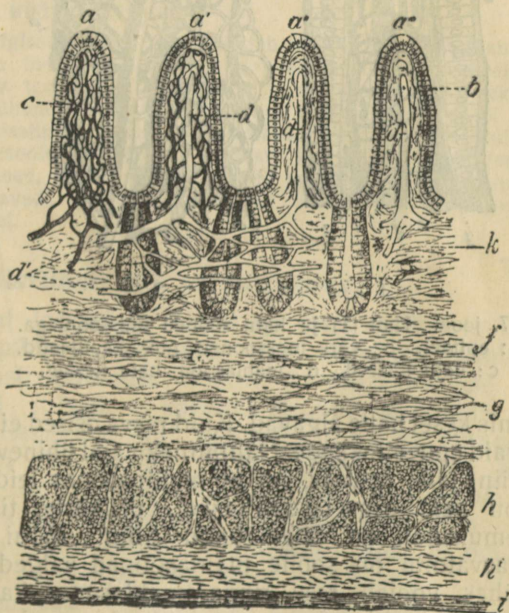
(erepsiin). Soole nõres on leitud ka teisi fermente. Seepärast võibki sool veel toitu seedida, kui magu välja lõigatud. Peaseedimistegevus toimub peensooles. Jämesooles võib siiski seedivate fermentide tegevus jätkuda. Seal imenduvad (imetakse sisse) ka tekkivad veeslahustuvad ollused ja vesi. Jämesool valmistab limast nõret, mis seedimatud osad ühendab väljaheiteiks ehk roojaks. Jäänused viibivad jämesooles umbes 12 tundi.

Nagu eelnevast näha, muudetakse seedimisel valgud amiinhappeiks, tärklis suhkruks, rasv rasvhappeiks ja glütseriiniks. Tärklis ja rasv vees ei lahustu. Suurem jagu valkaineid ei lahustu samuti, eriti pärast keetmist: nad kalgastuvad. Seedimise tagajärjel tekivad lahustuvad ained: lahustumatudki valgud muudetakse amiinhappeiks, mis vees lahustuvad; tärklisest tekib vees lahustuv suhkur; rasvast tekkiv glütseriin lahustub. Ainukese erandi moodustavad rasvhapped. Need aga lahustuvad sapi-vedelikus (sapihappete toimel).

Seega kõik ained, mis seedimise tagajärjel tekivad, lahustuvad vees (mis seedemahlades ja toiduga tarvitatud) ja sapivedelikus. Seedimine on seega toitainete lahustuvaks (seega diffundeeruvaks) muutmine, kusjuures keerulisema ehitusega ained, mille suuremad molekulid, laguvad lihtsamaiks.

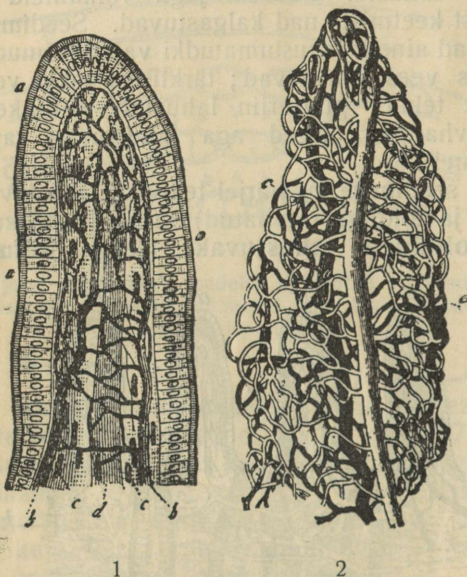
Imendumine (sisseimemine).

Toitainete lahustuvaks muutmine on väga tähtis: alles lahustunud toitained võivad tungida läbi soolte seinte verre, kus nad vere kaudu rakkude juurde kantakse. Toitainete imendumiseks asetsevad soolte seintel tihedalt pisi-kesed nisa- ehk niidiotsakeste - kujulised **hatud** (pikkus kõigub 1 mm ümber; 76. joon.). Hattude



76. joon. Peensoole seina lõik hattudega. a, k, f: limanahk. g, h: ring- ja pikilihased. i: sidekoene kelme. a—a''' : hatud. d: mahlasooned. c: veresooned. Hattude vahel naha torulised näärmed (Lieberkühn'i n.)

ja ka voltide tõttu on soolē imendav pindala suur (ümmarguselt 5 korda suurem kui ta oleks ilma nendeta), mis imendumist märksa kergendab ja kiirustab. Imendumisel on osalt tegev diffusioon (seitimine, koondatumast lahusest olluste vähemkoondatusse tungimine), osalt aga ka hattude aktiivne tegevus. Hattudes leiduvad siselihased tõmbuvad vahetevahel kokku, surudes temasse korjunud mahla ja verd välja soontesse. Kui nüüd hatt uuesti sirgub, siis tekib imev jõud. Hattu imetud või seitunud vedelik satub hatu mahlasoonde, kus ta ainult



77. joon. Hatt (1) ja hatu sooned juussoontega.
 a: epiteel. b: vere juussooned ehk kapillaarid.
 c: hatu lihased. d: mahlasoon, hatu keskel.

edasi võib liikuda, sest tagasilikumist takistavad klapid, osalt aga satub ta veresoonesse (vt. 77. joon.).

Amiin happed tungivad hattude juussoontesse, kust veri neid edasi kannab rakude juurde. Rakud valmistavad amiinhappeid enesekohase valkolluse. Suhkur imub ka juussoontesse, kust ta peaaesjalikult maksa ja lihastesse satub. Maks kogub suhkrut enesesse tagavaraks, muutes teda glükokeeniks. Osa suhkrut koguneb lihastesse glükokeeni kujul. Rasv satub koemahlasoontesse,

mis keset hatte algavad. Kuid rasva osised ei pääse sinna mitte eraldi, vaid epiteelrakkudest läbimineku ajal ühinevad rasvhapped ja glütseriin jälle rasvaks, nii et mahlasoones leidub ainult rasva. Rasv on seal emulgeeritud, pisikeste tilgakeste kujul. Rasva emulsioon on valge nagu piim. Mõni tund pärast rikkalikku rasvatoitu on soolte mahlasooned valged. Lümfi ehk mahlaga ühes voolab rasv rinna mahlasoone kaudu tõmbsoonte verre.

Läbi soole seina verre satuvad ka soolad, mõned teised toitained ja mitmesugused juhtumisi soolde sattunud ollused (arstimid jne.). Imendumine toimub peamiselt peensooles. Jämesooles kaotavad järelejäänud osad vett. Ülejäänud kõvad ollused heidetakse kõhupressi lihaste kaastegevusel päraku kaudu välja.

Järelejäänud toidujäänused (tselluloos jne.) hakkavad jämesooles harilikult käärima ja roiskuma. Seal tekib määratu palju baktereid (kuni $\frac{1}{3}$ väljaheidete raskusest). Bakterite tegevusel tekivad mitmekesised happed ja teised ollused, mis on isegi mürgised. Muu seas tekib sooles karboolhape ehk **fenool** ($C_6H_5.OH$) ja kooseisult temale ligidane ühend kresool ($C_6H_4.OH.CH_3$). Neid olluseid väikesel määral loomale andes on võidud tähele panna, et nad aegamööda haigusi põhjustavad (soontelubjastust). Käärimisel tekivad mitmesugused teisedki ollused, mis sageli õige mürgise iseloomuga. Igatahes sõltub roiskumine sooles mitmesuguseist asjaoludest. Lihatoidul on tegevad teised bakterid kui taimtoidul, kusjuures esimesel korral tekib pealegi rohkem mürgiseid aineid. Keedetud road käärivad kergemini kui keetmata, veerikkad enamini kui kuivemad, nagu juba igapäevaste vaatluste põhjal teada. **Puudulik roogade mälumine ja liigsöömine** soodustavad roiskumist: siis jääb toitaineid suuremal määral seedimata, nende kulul võivad siis bakterid rikkalikult sigida. Liigsöömine võib põhjustada **mao laienemise**, millega seotud viivitatud mao tühjenemine, suurem käärimine jne.

Et roogas tekivad mürgised ollused, seda tõestab muu seas nende ekstrakti ehk tõmmatise süstimine loomasse. Sääraste ja rea teiste tähelepanekute põhjal püstitas Metšnikov teooria, et käärimine sooltes rikub tervist, tekitab varajase vananemise ja lühendab eluiga, põhjustades eriti arterioskleroosi ehk tuiksoonte kõvastust (lubjastust). Tema väites elavad loomad, kellel lühike jämesool või kellel jämesooles roiskumine niihästi kui puudub, võrdlemisi tunduvalt kauemini kui need, kellel pikk jämesool ja selles suur roiskumine. Uuemadki andmed tõestavad, et sooles tekkinud mürgid on kaastegevad paljude haiguste tekkimisel.

Assimilatsioon ehk sarnastamine.

On leitud, et igal loomal ja taimel on **oma eriline** ja iseloomuline ehk **liigipärane kooseis**, eriti valkainete suhtes. Isegi vaatamata tublisti erinevale toidule (tuniisi araablasil — jahu, viigid, banaanid; iirlasil — kartulid ja piim; kirgiisidel — piim, liha; jõukail isesugune kui kehvadel jne.) on inimeste keha kooseis üldiselt ikka sama. Kui näiteks koosneb toit teraviljast (leib, pudrud), kartuleist ja aiaviljast, siis erinevad need ained inimese keha kooseisust tugevasti, kuid organism suudab neist siiski omale tarvilikud lähteained leida ja omale kohased ja iseloomulikud liigipärased ained valmistada. Lamba organism ehitab rohust saadavaist aineist enesele luud, lihased, ergud, sarvaine (sõrad, sarved, villa), rasva jne. Kuidas tekib siis toidu mitmekesisusele vaatamata ühesugune keha kooseis? Me teame, et sooles ja maos „lõhutakse“ kõik seeditavad ollused lihtsaiks osadeks, mis verre satuvad. Neist osist (amiinhappeist, viinamarjasuhkrust jne.) võtavad rakud neile tarvis-

minevaid olluseid ja ehitavad igaüks omakohase koosseisuga materjali. Nii siis, alguses lõhutakse toitained lihtsaiks osiks, ja alles siis ehitatakse neist osist uued omakohased ehk liigipärased ollused. Võib ju samust ehituskivist ehitada väga mitmeti, erivormega elamud. Seedimise üks tähtsamaist ülesandeist ongi see, et toitained lammutada lihtsamaiks osiks, niitelda ehituskiveks (amiinhappeiks jne.), millest siis võimalik valmistada omakohast ainet, **omad valkained** jne. Toiduga vastu võetud aineist enese kehas leiduvate ainetele **sarnaste** ainete valmistamist nimetatakse **assimilatsiooniks** ehk **sarnastamiseks**. Nagu assimilatsiooni mõistest järgneb, võivad looma rakud ehitada ehk süntetiseerida uusi olluseid lihtsamaist. Isegi mõned lihtsamad amiinhapped võib looma organism tekitada teistest ollustest. Üldse on süntees loomariigis väga harilik nähtus. Siiski on loomadel süntetiseerimisvõime palju vähem kui rohelistel taimedel. Viimased süntetiseerivad mineraalsooladest, CO₂-st ja veest, kõik oma toidu- ja ehitusmaterjali. CO₂ on süsivesikute valmistamise lähteaineks. CO₂ lahutatakse klorofülliterakestes valgusenergia abil ja luuakse süsiniku ühendid, kusjuures valgusenergia potentsiaalse energia näol tagavaraks jääb. Tagavaraks olev energia võib tarbekorral muutuda soojuseks, valguseks, tööks jne. Põlematuist olluseist valmistab taim ollused, mis põlevad. Samuti valmistab taim valkained lihtsaist põlematuist olluseist. Selleks on tal tarvilikud lämmastiksoolad (lämmastikhappe-, ammoniaak- ja t. s. soolad) ja süsiniku ühendid. Taim kasustab päikese valgusenergiat ja valmistab selle abil anorgaanilistest ollustest orgaanilised, mis on oma koosseisu poolest ütlemta mitmekesised, sisaldades potentsiaalset keemilist energiat. Niisugune võime puudub loomadel kui ka mitterohelistel taimedel.

Taimedel on omakohaste olluste valmistamine ehk assimilatsioon nõnda ülekaaluv, et olluste lagunemine ehk **dissimilatsioon** on selle kõrval vähe märgatav. Kuid ka taime elutegevusel tarvitatakse olluseid, mis ta ise valmistanud. Taime rakkudes oksüdeeruvad ehk ühinevad hapnikuga ollused, misjuures vabaneb energia soojuse, töö jne. näol.

Inimese, samuti teistegi loomade elu on võimalik alles taimede suure süntetiseerimisvõime tagajärjel.

Toitumine.

Toiduks tarvitatavad ained on väga mitmekesised. Nad sisaldavad ikka sääraseid olluseid, mis kehas ära seeditakse ja sarnastatakse, ning niisuguseid, mis on seedimatud (eriti tselluloos, kitiin, karvad jne.). Sarnastatavaid olluseid nimetatakse toitaineiks.

Sooles lahutavad seedemahlad toitained lihtsaiks ehituskiveks (amiinhappeiks jne.), mis verre imuvad. Sealt võtab iga rakk niisuguseid ehituskive, nagu talle tarvis läheb. Toidus on mitmekesised süsivesikud (tärglis, glükogeen, suhkrud), kuid veres on ainult viinamarjasuhkur. Seedemahlad on nad kõik muutnud viinamarjasuhkruks, mida keha tarvitseb. Suhkur kulub kehas peaasjalikult tööks ja soojuseks.

Ka toidus olevad rasvad muutuvad harilikult sarnasteks keha rasvadele, mille kulul tekib peaasjalikult soojus. Nahaalune rasv, kui paha soojusejuht, ei lase kehast soojust nõnda kergesti välja.

Toitained võib jaotada kahte rühma: 1) protoplasma ehk keha ehituseks tarvilikud ühendid, **ehitusained** (plastilised ained); 2) **energia-allikad**, ained, millest ammutab organism omale energia. Ehitusainena etendab peaosas **valkaine**, siis mitmekesised rasvühendid fosforiga, mineraalained (Ca!) jne.

Energia tekib organismis kõige pealt süsivesikute ja rasvade oksüdeerumisel, kusjuures vabaneb soojus ja toimub mehaaniline töö (lihased!).

Toitained ei ole kõik üheväärsed. Süsivesikud (tärglis, suhkur) võivad rasva aset täita, sest keha suudab neist ise rasva valmistada. Rasv võib teataval määral ka süsivesikute aset täita. Valkaine võib nende mõlemate aset täita. Koera võib kaua aega toita lahja lihaga, mis on peaaegu puhas valk, ilma et loom selle all kannataks. Valkaine on talle siis ehitusmaterjaliks ja ka energia (soojuse, jõu) allikaks. Valkaine võib, niisamuti kui suhkur või rasv, hapnikuga ühineda ja energiat vabastada. Nõnda siis **valkaine võib teiste toitainete aset täita** (väikesel määral on siiski ka rasv ja süsivesikud tarvilikud). Kuid rasv ega süsivesikud ei suuda valkaine aset täita. Rasva ja süsivesikutega ei saa koer elada. Kui toidus puudub valk, siis ei teki enam uut protoplasmat, endine aga lagub alaliselt. Keha jääb niikaua kergemaks, kuni viimaks teda surm tabab. Üheks huvitavaks valkaine iseärasuseks on see, et teda suudab keha väga vähe tagavaraks jätta. Süsivesikud võivad muutuda glükogeeniks ja rasvaks. Glükogeen ja rasv võivad kehas tagavaraks koguneda. Kui valku suurel määral tarvitatakse, siis lagub ta kehas kiiresti (soojust andes), ja lagumisproduktid heidetakse neerude kaudu välja. Valgurikkal toidul tõuseb organismi energiakulutus, tõuseb toitainete põletamine (valkainete spetsiifilis-dünaamiline toime). Säärane suurenenud energiakulutus ei ole nähtavasti kasulik ega tarvilik.

Toidus peavad veel tingimata leiduma **toitesoolad** ehk mineraalained. Toidetakse koera leotatud lihaga, kust soolad välja ligunenud, siis sureb ta isegi rutemini kui nälgimise tagajärjel. Tahetakse loomi sööta valkude (või amiinhapete), rasvade ja

süsivesikute seguga, siis peab tingimata lisandama mineraalaineid, sest muidu järgneb surm kiiresti. Seega on toitesoolad eluks tarvilikud (üksikasju veel hiljemini).

Hoopis ilma toiduta, s. o. **nälgides**, võib inimene elada mitu nädalat; enam või vähem selle järele, kui palju kehas varuaineid. Lapsed suudavad nälgida vähem kui täiskasvanud. Ilma veata on nälgitud 5—6 nädalat ja enamgi. Surmaga lõppenud nälgimised on väldanud isegi üle 2 kuu. Haigedki on real juhtudel 5 kuni 7 nädalat ilma toiduta olnud. On rida sanatooriume, kus nälgimisega ravitakse. Kirjeldatakse palju juhte, kus nälgimise tagajärjel on tervis otse paranenud¹⁾.

Nähtavasti võib organism siis suurema eduga kehas kõrvaldada kahjulikke aineid (uusi siis toidust ja selle käärimisest juurde ei tule!). Looduses ei ole nälgimine mingi haruldus: loomad talveunes nälgivad, jäädes tublisti kergemaks, uimjalalised (merelõvi, merekaru j. t.) nälgivad sigimisperioodil kuni paar kuud; samuti tuleb paljudel loomadel nälgida toidunappuse korral. Leidub hiljemini toitu, siis võib loom jälle kosuda ja erilise veata edasi elada.

Nälgimise ajal jääb keha kergemaks: varuained ja ka protoplasma oksüdeeruvad. Kõige pealt kahaneb varuainete glükogeeni ja rasva hulk. Eluliselt tähtsamad organid nälgimise ajal kannatavad vähe. Ergukava ja süda ei jää peaaegu sugugi või võrdlemisi vähe kergemaks, kuna nahaalune rasv ja lihased kaotavad omast kaalust palju. Kulu on eriti kehasoojuse tekitamiseks.

Ilma **joogita** võib elada palju vähem aega; kõigest 10-ne päeva ümber.

Toidu kaloriline väärtus. Toidu väärtust arvatakse harilikult selle energia hulga järele, mida ta meie kehas võib tekitada. Kehas põledes (oksüdeerudes) annavad toitained järgmisel määral soojust:

1 gr. valkainet	4,1	suurt	kalorit
1 gr. tärklis, suhkrut . . .	4,1	"	"
1 gr. rasva	9,3	"	"

Nagu neist arvudest selgub, sisaldab rasv eneses kõige enam energiat. Katsete järele on selgunud, et 70 kg raske inimene tarvitab päevas energiat 2400—3000 kalori väärtuses. Raskes töös läheb tarvis isegi 4000—5000 kalorit, ilma kehalise tööta olles saab läbi alla 2400 kaloriga (isegi 1800 ja vähemgi).

Toidu määr. Leiti, et inimesele on päevas tarvis keskmiselt 118 gr valku, 56 gr rasva ja 500 gr süsivesikuid (tärklis ja suhkrut). Kuid uuemal ajal näitavad paljude uurijate katsed, et nimetatud valkaine määr on suur. Ilmus, et isegi siis, kui 2—3 korda vähem valkainet (40—60 gr) tarvitada, keha protoplasma ei vähene (ka raskus ei vähene).

1) Vt. Ajakiri „Külvaaja“ 1930. a.

Igatahes peab küll tähendama, et kõik valkained ei ole üheväärsed. Nii näiteks on želatiini valkaine kasvamiseks ja elutegevuseks puudulik, sest temas **puuduvad mõned amiinhapped**, mida organism ise valmistada ei suuda. Samuti on ka teraning kaunviljas leiduvais valkaineis mõningaid amiinhappeid liiga vähe ja seepärast on tarvis neile lisandada teisi valkaineid, mis täisväärtuslikud. Kasvuks ja elutegevuseks täisväärtuslikke valkaineid leidub pähkleis, kartuleis, piimas ja lihas. Mitte-täisväärtuslikke valkaineid võib võrrelda ehitusmaterjaliga, kus mõned tarvilikud ehituskivid või teised osad puuduvad. Arusaadavalt tuleb valkaineid, kus mõningaid amiinhappeid väga vähe, süüa suuremal määral, kui tahetakse neist saada küllaldaselt määral kõiki osiseid valkude koostamiseks. Nagu juba eelpool öeldud, ei ole kehalisel tööl valgutarvitus suurem. Süsivesikutegi määr — 500 gr — on kergel tööl või vähesel kehategevusel ülearu suur ja saadakse vähemaga läbi (400 gr ja vähemgi). Üldiselt on toidu määr inimeste seas kaunis muutlik. Mõni on harjunud palju enam toitu tarvitama kui harilikult tarvitatakse.

Ülesandeid: Kui palju tuleb süüa kartuleid, et neist saada 2400 kalorit (arvesse võtta tabeli andmed 87 leheküljel)? Palju tarvis süüa leiba 1800 kalori saamiseks? Sama arvutada liha, pähkli jne. kohta. — Arvesse võtta toiduainete turuhind, arvutada, mitu kalorit saadakse 1 sendi eest ostes 1) kartuleid, 2) leiba, 3) liha, 4) piima, 5) õunu jne. — Kui palju tarvis süüa kartuleid, et saada neist 50 g valkaineid? Arvutada sama 1) leiva, 2) piima, 3) liha, 4) õunte jne. kohta.

	Vett	Valke	Rasva	Süsivesi- kuid	Tuhka	Kaloreid 100 g toiduaines
Rukis, täistera . . .	13,4%	11,2%	1,6%	69,1 (2,6)	2,1%	356
Kaer, täistera . . .	12,8	10,2	5,3	59,7 (10,0)	3,0	336
Odra tangud . . .	14,0	12,3	2,4	68,8 (0,9)	1,8	354
Nisu täistera . . .	13,4	12,0	1,8	68,7 (2,3)	1,8	348
Nisu peenjahu . . .	12,6	10,7	1,1	74,7 (0,3)	0,5	350
Rukki täistera-leib .	42,2	7,2	1,3	46,4 (1,5)	1,4	232
Sai (norm. rahuaeg.)	39,3	8,1	0,3	51,2 (0,2)	0,9	246
Saiad	40,4	6,1	0,4	51,1 (0,6)		239
Herned	13,8	23,3	1,9	52,6 (5,6)	2,8	329
Oad	14,0	25,7	1,7	47,3 (8,2)	3,1	325
Kartul, väike punane	75,0	1,7	0,1	20,0 [0,7]	[1,3]	88
Pähkel (sarap.) kuiv	7,1	17,4	62,6	7,2 (3,2)	2,5	603
Kookos, kuiv . . .	5,8	8,9	67,0	12,4 (4,1)	1,8	710
Viigid, kuivatatud .	28,7	3,6	—	51,4 (5,3)	2,7	247
Rosinad	24,5	1,8	—	62,6 (7,1)		259
Porgandid	88,8	1,1	0,2	8,2 (1,0)	0,7	40
Kaalikas	88,1	1,4	0,2	7,4 (1,4)	0,7	38
Kapsas	90,1	1,8	0,2	5,0 (1,6)	1,2	31
Spinat	89,2	3,7	0,5	3,6 (0,9)	2,0	37
Salat, peas	94,3	1,4	0,3	2,2 (0,7)	1,0	18
Kurk	95,4	1,1	0,1	2,2 (0,7)	0,8	14
Õun	84,4	0,4		12,2	0,4	53
Maasikas	87,0	0,6		9,0	0,7	43
Mustikas	80,9	0,8		6,0	0,7	33

	Vett	Valke	Rasva	Süsivesik- kuid	Tuhka	Kaloreid 100 g kohta
Piim, täispiim . . .	87,75	3,5	3,4	4,6	0,75	65
Piim tsentrifugeerit.		3,0	0,2	4,8		34
Emapiim		1,2—1,5	3,5	6—7	0,2	
Või	[13—17]	0,7	82,0	0,5		772
Juust, Hollandi . . .	37,3	32,4	24,6		5,6	399
Kohupiim	72,4	16,9	6,2	2,0	1,4	135
Muna	73,1	13,1	11,6	—	1,0	161
Veiseliha, rasvane . .	56,2	18,0	25,0	—	0,8	306
" lahja	75,5	20,5	2,8	—	1,2	110
Vasikaliha, lahja . .	77,8	20,0	1,0	—	1,2	91
Sealiha, rasvane . . .	45,3	12,7	41,3	—	0,7	436
Heeringas	75,1	15,4	7,6	—	1,6	134
Rasvavaesed kalad						
haug, ahven	80,6	17,1	0,7		1,2	77

Nurgelistes sulgudes arvud teiste tabelite järgi, kokkukõlastamata.

Mineraalained ehk toitesoolad. Möödunud sajandil tehti palju tegemist küsimusega, palju on tarvis valkaineid, süsivesikuid ja rasvasid. Teisi aineid võeti vähe arvesse, sest arvati, et neid saab niikuinii küllaldasel määral. Uueaja uurimused tõestavad, et tõsiselt tuleb arvestada mineraalaineid ja vitamiine. Mineraalained etendavad tähtsat osa keha ehitusel, valkaine osakeste suurusel (kolloidne olek), ärritatavusel jne. Kaltsium ja magneesium on luude peaosised. Rauda leidub suuremal määral vere punalibledes. Väävel ja fosfor kuuluvad kõige pealt valkude koosseisu (fosfor tuumaines, nukleiinides), leiduvad aga ka ühenduses alustega (P luudes eriti). Fluori leidub luudes ja hammastes. J on rikkalikumalt kilpnäärmes. Nimetatud elemente leidub aga ka teistes kudedes, eriti Ca, Mg, Fe, S, P on igas raskus. Kui toidus neid ehitusaineid on liiga vähe, siis arusaadavalt kannatab vastavate organite ja kudede ehitus ning elutegevus. On toidus vähe Ca või P, siis ei saa luud korralikult kasvada ega luustuda. Luud jäävad kõhrelisteks, enam-vähem pehmeks, loom väikeseks. Rauaühendite nappusel kannatab punaliblede tekkimine ja vere koosseis. See võib olla üheks verevaesuse põhjuseks. Joodi nappusel ei saa kilpnääre oma ülesannet täita. P-Ameerika Ühendriigis sureb (sünnivadki surnult) miljoneid põrsaid seepärast, et nende toidus vähe joodi: joodühendite lisandamine vähesel määral kõrvaldab säärase suremuse. — Enam-vähem ühtlaselt kudedes ja veres leiduvad Na, K ja Cl. Na, K, Ca ja Mg etendavad tähtsat osa ärritatavusel. Eriti K ja Ca on üksikult mürgised, kuna aga koos Na ja Mg kaob nende mürgitoime ja kude püsib lahuses ärritatavana. Destilleeritud vees kaob ärritatavus. Tähen-dab, soolad on tarvilikud selleks, et püsiks ärritatavus. Võetakse Na, K, Ca ja Mg soolad vastavas proportsioonis ja kontsentratsioon, siis püsib neis näit. väljalõigatud konnalihas kaua ärrit-

tatavana, kuni 2 päeva. Samuti on teistegi rakkude elutegevuseks tarvilik teatava kontsentratsiooniga soolade lahus (nii näit. neerud lasevad muidu suhkrut kusesse). Et üheainsagi toitesoola nappus võib olla väga pahade tagajärgedega, järgneb kas või järgmisest. Toidetakse veiseid nisu või kaeraga (õled ja terad koos), siis sünnitavad nad vasikad 2 kuni 4 nädalat varemini ja need surevad mõne päeva pärast või on juba sündides surnud. Lisandati aga samale toidule kaltsiumi ühendit, siis olid vasikad terved ja elujõulised! Loomakatseil on leitud, et ei ole ükskõik, kas on toidus hapete või aluste ülekaal. Eriti kahjulik on hapete (Cl, P, S) ülekaal rohusööjaile. Osa teadlasi on kindlal veendumusel, et inimesele on aluste (Na, K, Ca, Mg, Fe) ülekaal toidus terveks eluks kohane. Hapete ülekaal on teraviljas ja lihas. Alused on ülekaalus eriti aia- ja puuviljas, marjades ja ka piimas. Alusterikka toiduga on tiisikusegi ravimisel saadud häid tagajärgi. Niihästi kui ilma mineraalaineteta on suhkur ja rasvad, õlid; vaesed mineraalainetest on peenjahu ja sai. Ei või olla kahtlust, et mõnigi haigus tuleb mineraalsoolade nappusest või nende ebakohasest koosseisust toidus.

Vitamiinid. Peale kõigi seni kirjeldatud ainete peab toidus leiduma veel **vitamiine**, mille koosseis on osalt veel selgitamata.

Söödetakse meresigu ainult teraviljaga, ilma aiavilja lisandita, siis surevad nad umbes kuu aja pärast skorbuudi tagajärjel. Skorbuut avaldub kõige pealt verdumistes nahaaluses ja liigeseis, igemete paistetuses jne. Lisandatakse aga teraviljale tooreid porgandeid, siis võivad meresead elada veata. Antakse aga värskete porgandite asemel neile keedetuid, siis haigestuvad nad ja surevad skorbuuti. Keetmine ja kuivatamine hävitab **antiskorbuutse** (skorbuudivastase, C) vitamiini. Imiku toitmine keedetud või steriliseeritud piimaga põhjustab skorbuudi. Antiskorbuutset vitamiini leidub rohkesti rohelistes taimesois (spinat, salat, kapsas), sidrunes, apelsines, värskes toores lihas jne.

Toidetakse tuvisid ainult poleeritud riisiga, siis haigestub nende ergukava (liikumine ja kehahoid ajuti korratud, krambid, keha temperatuur langeb). Pärmist valmistatud ekstrakti toime kaovad haigusavaldused õige pea. Hiinas ja Jaapanis nõudis varemini beri-beri rohkeid ohvreid (poleeritud, s. o. kollase kestata riis toiduks!). Vitamiin, mis säärasest haigestumisest hoiab (**antineuriidiline**, B) leidub terade kestades (kliid!), pärmis, munarebus jne. Beri-beri-haige paraneb varsti, kui talle antakse riisikliidest valmistatud ekstrakti või kliisid. Seegi vitamiin on tundlik kõrge temperatuuri suhtes.

On kutsikate peamiseks toiduks teravili, lahja liha, kooritud piim ja oliiviõli (provanksõli), siis toimub neil luustumine visalt (rahiit). Eriti on neil ka **hambad** vigased. Kui aga oliiviõli asemel antakse kalamaksa-õli (Lebertran), siis arenevad luud

ja hambad hästi. Luude puudulik luustumine on laste seas kaunis sage, inglishaiguse ehk rahiidi nime all. **Antirahiitset** (D) vitamiini leidub rikkalikumalt maksaõlis, munarebus, piimas. Ta tekib loomakehaski ultravioletsete valgusekiirte toimetel (päikesevannid, kõrgusepäike!).

Üks rasvades lahustuv vitamiin (A vitamiin) soodustab kasvamist. Tema puudusel on nakkushaigusesse haigestumine suurem. Leidub porgandis jne.

Üht silmade tööbe (avaldub silmamuna pinna kuivuses, halvas nägemises poolpimedas jne.) peetakse vitamiinipuuduse tagajärjeks. Tõvest (kseroftalmiast) hoidumiseks on kohased rohelised taimeosad, piim, või, kalamaksaõli, tomatid, porgandid.

Sigimisvõime püsimiseks on tarvilik eriline ühend (leidub teravilja idudes, salatilehtedes j. t.).

Vitamiinide puuduse tagajärjel arenevad mitmesugused korra- tused ehk häired: seede- ja imendumishäired (B puudus), kehv karvakasv (D), verevaesus (C), sapikivid jne.

On teada rida juhte, kus inimesed on massiliselt haigestunud vitamiinipuuduse tagajärjel ja surnud. Vanglais, laevadel, raudteede ehitusel jne., kus toit sageli ühekülgne ja ilma või vähese värskes aia- ja puuvilja või väheste piimasaaduste lisandusega, annab vitamiinidepuudus end sageli väga teravalt tunda. Hulk uurimusi igatahes on tõestanud, et on täiesti ekslik hinnata roogasid ainult nende „vägevuse“, kalorisalduse järgi (rasvad, teravili) või samuti nende valgusalduse järgi (liha, juust, kala, muna jne). Puudub toidus või on liiga vähesel määral kas või üksainuski tarvilik aine ja organism ei suuda enam korralikult oma ülesandeid täita, ning haigestumised on paratamatud (miinimumi seadus!).

Roogade valmistamisest. Ühenduses vitamiinide ja mine- raalainete uurimisega muutuvad nüüd vaated toitumisviisile. Juba mitukümmend aastat tagasi oli neid, kes pidasid tervisele kõige kohasemaks **keetmata roogasid** (toorestoitlased). Vitamiinide uurimused tõestavad, et sel on teatava määranu alust, sest keet- misel lagub osa vitamiine (skorbuudi vastane eriti; hapniku juurdepääsul lagub aegamööda ka A-vitamiin, mispärast mõned soovivad keeta kinniselt, mitte või vähe segades). Põhjamaad on igatahes vaesed maitsvaist tooreist viljust! Väärub igatahes tähelepanu, et inimene on ainuke loom, kes keedetud roogasid tarvitab, kuna kõik sajatuhanded teised liigid söövad keetmatult. Inimese esivanemadki sõid enne tule leiutust kõike keetmata. Toitumisuuendajad soovivad vähemalt osalt süüa keetmata, eriti aia- ja puuvilja, samuti ka marju. Sel teel on paljudki saavutanud häid tagajärgi tervise paranemise suunas. Eriti lap- sed armastavad keetmata aineid ja eriti nemad peaksid seda saama.

Ebakohane on **keeduvee äraviskamine** (lillekapsad, kartulid j. t. aiaviljad), sest keeduvette läheb rohkesti mineraalsooli ja teisigi toitaineid. Seepärast soovitatakse **aurus** keetmist või jälle keeta väheses vees ja see ära tarvitada. Kartulite keeduveesi võib näiteks jääda väga hästi pudru sisse (kartuli või kartuli ja tangu puder; maitsevus!). — Samuti asub rida uurijaid seisukohale, et jahu, kus terakestad sees, on kohasem kui valge peenjahu, millest terakestad välja söelutud (sai ja teised **peenjahu** saadused). Tera kestas leidub märksa rohkem mineraalaineid, valke, kui tera sisus, tuumas, eos peale selle veel vitamiine. Söelutud jahu on neist väärtuslikest aineist palju vaesem.

Varemini oli harilik ja nüüdki on levinud arvamus, et parem on süüa roogasid, milles vähe **seedimatuid aineid** (tselluloosi jne). Seepärast põlati aia- ja puuvilja kui tselluloosirikkeid. Samal põhjusel arendati peenjahu tarvitamist.

Katsed on aga tõestanud, et **seedimatuil osiseil** on toitumisel oma suur ülesanne: nad **elustavad sooleliigutusi**. On aga sooleliigutused liiga aeglased, siis püsivad seedimatud osised, sooleseinalt erituvad ja kestenduvad ained kaua seedekanalisis, kusjuures nende roiskumine omandab paha iseloomu (gaasid, paha hais roojal). Tekib rikkalikumalt mürgiseid osalt isegi teise iseloomuga aineid. Kõhukinnisus tema halbade tagajärgedega areneb seedimatute osiste vähesusel (linlased, sai!). On roogades küllalt seedimatuid osiseid, siis on säärane roiskumine võimata: sooled kihutavad ülejäänud osad võrdlemisi ruttu välja. Muidugi ei pea siiski liialdatama (näit. ülearu palju aiavilja jne.), sest siis võib areneda seedeorganite krooniline või äge katarr, „kõhulahtiolek“. Tuleb arvesse võtta, et harjumusel siingi on suur tähtsus. Katseil loomadega (näit. hiirtega) tekivad rasked häired, kui toit ei sisalda seedimatuid osiseid. Tarvitseb säärasele toidule lisandada söepulbrit, sarvepuru või luupulbrit ja sooltetegevus toimub korralikult.

Isu ja nälg. Vaevalt võib kahelda, et korralikuks seedimiseks on kohane süüa siis, kui on olemas **näljaaisting**, küllalt tungiv tarvidus söögi järele, mitte aga lihtne **isu**, mis tekib maitsvat rooga nähes. Maitsvat rooga võib isuga süüa, ilma et oleks tarvidus, s. o. täiskõhuga. Kui aga süüakse pealegi hoopis ilma isuta, nagu küllalt juhtub, siis puudub küllaldane psüühiline ärritus ja seedenäärmete nõrustus on aeglane ning puudulik. See ei või olla organismile ükskõik. Vältavam söögitsu puudus on arvatavasti looduse näpunäide, et organismil on lahendada teisi ülesandeid (kõrvaldada mürke, hävitada baktereid jne.) ja et toitu ei ole tarvis. Organism võib ju läbi saada ilma toiduta pikemat aega ja seepärast on vaevalt kohane teda koormata seedimisega, kui tal teised ülesanded lahendada. Sööma sundimist (lapsed, haiged) ei saa seepärast õigustada.

Toit peab **korralikult läbi mälutama ja maitstama**. Kui me näiteks leiba või kartulit kauemini suus mälume, muutub ta magusaks, maitsvamaks. Puuduliku mälumise korral ei ole toit nõnda maitsev. Mäluda tuleb seni, kuni suutäis peeneks on muutunud ja iseenesest alla neelatakse. Hästi peenendatud toit seedub kiiremini ja täielikumini, sest tal on **suurem pindala** kokku-

puuteks seedemahladega. Pealegi tekib korraliku mälumise ja maitsemise korral **rohkem seedemahla** (psüühilist nõret).

Osa valkaineist seedib psüühilise nõre mõjul peptoonideks, mis siis omakorda magu keemiliselt ärritavad. Kui aga juba isu ja maitse ärritus oli väike, siis on ka keemiline ärritus väike (ilmub vähem peptoone). Tagajärg on, et maos seedimine puudulikuks jääb ja vähem soolhapet nõrgub. Kui aga maos on vähe soolhapet, siis on ka kõhunäärme keemiline ärritus puudulik (HCl on kõhunäärme ärritajaks siis, kui ta 12-sõrmiksoolde satub). Tähendab, ka kõhunäärme nõristus ei toimu korralikult. Kõige tagajärg on aeglasem ja puudulik seedimine.

Liigsöömine on kahjulik, niisamuti kui ka pikaajaline alatoitumus. Liigsöömise tagajärjel ei ole võimalikud korralikud mao liigutused. Kui köht liiga täis, siis on maos sagedasti halb tunne, isegi hingamine on takistatud, liikuvus vähenenud. Näärmed ei jõua küllalt nõresid valmistada. Seedimine jääb puudulikuks.



A.

B.

78. joon. Kõhunäärme rakud:
A: rahusolekul. B: nõristamise ajal.

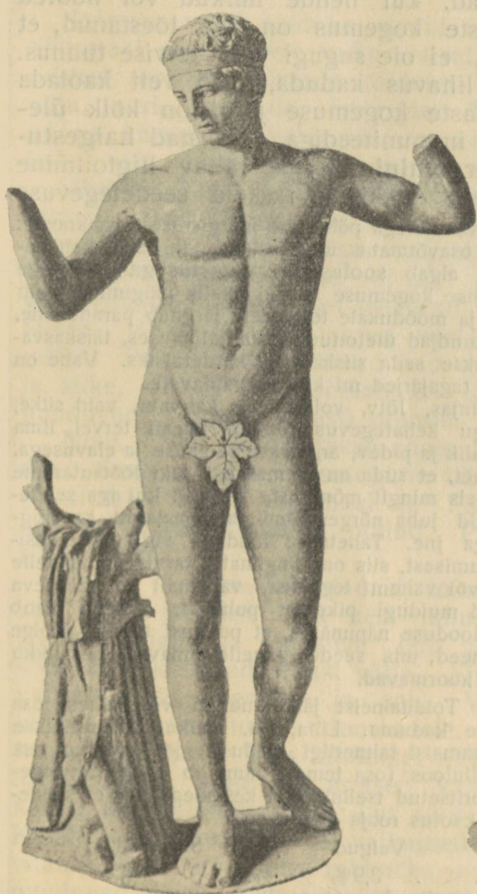
Sealjuures võib tekkida palju happeid, mis soolte limanahka nõnda ärritavad, et toit sooltest kiiremini läbi kihutatakse, mille tagajärjel võib isegi kõhu lahtisus tulla. Puudulikult seeditud toidus hakkavad bakterid kergemini sigima, mille tagajärjel sooltes enam mürke.

Sage söömine ei ole soovitatav.

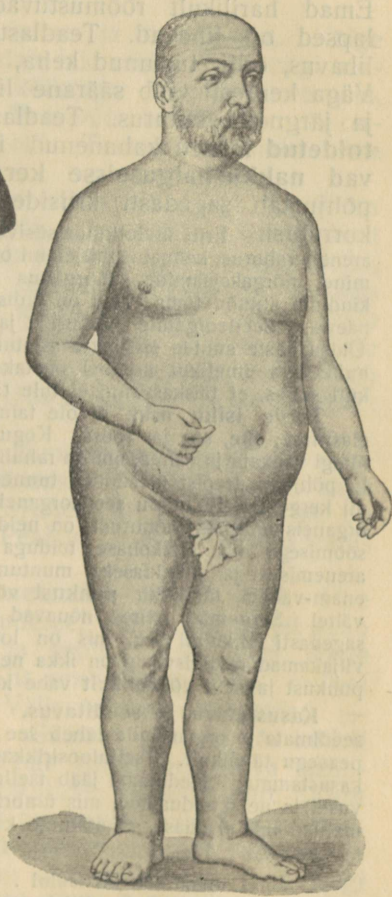
Ka siis seedub toit puudulikult.

Iga organ nõuab **puhkust**. Enne sööki on näärmerakud terakesi täis. Nõre tekkimise ajal kaovad terakesed: nad muutuvad nõreks (joon. 78). Rakud omandavad hoopis teistsuguse kuju. Puhkuse ajal ilmuvad rakkudesse jälle terakesed, millest tekib nõre. Kui aga puudub puhkus, siis puudub ka korralik näärmete tegevus. Harilikult jätkub kolmest korrast söömisest päeva jooksul küllalt. Mõned rahvad on kõigest 2 korda päevas söönud. Tublisti söömist peetakse tervisele harilikult väga kohaseks. See ei ole õige. Elutingimuste kohta on maksev **optimum**, kuldne kesktee. Harilikult arvatakse, et tugevad ja **rasvunud** on eriti terved, kuid see on ekslik vaade. Ülearu rikkalik toit koormab tugevasti seedeorganeid, põhjustades nende haigestumist (muutub läbilaskvus jne). Rasvunuid ähvardab eriti südame nõrgendus, eriti kui ka süda rasvub. Raske keha koormab niikuinii südant, vereringimine nõuab suuremat tööd. Tekivad teised tõved, siis on süda seda enam koormatud ja ähvardavas olukorras. Liigne rasv on takistuseks liikumisel ja eriti ka hingamisel. Väga sagedased on rasvunute seas rabandus, maksa-, neeru- ja suhkurtõbi.

Eriti valgu- ja võrtsiderikas toit koormab maksa ja neerusid. Vastavalt sellele kahanesid sõja-aja „kehvemal“ toidul maksa-, soolte- ja neeruhaigused, nagu ka luuvalu, suhkurtõbi, pimesoole põletik, Taani andmeil isegi üldine suremus! Arvukad elukinnituse seltside kogutud andmed tõestavad, et rasvunute suremus on märksa suurem kui normaalseil, kõhnade suremus pealegi kõige vähem. Rasvunud ei ela seega keskmiselt nii kaua kui mitterasvunud.



1



2

79. joon. Ilus (normaalne) ja inetu (haiglane) kehavorm. 1: Kreeka raidkuju Diadumenos võitjana võidulinti pähe sidumas (Polyklet'i järgi). 2: Ülesvõte ühest praegusaegsest isikust.

Pealegi ei sobi ilu ja rasvus. Vana Kreeka ilusad kujud on saledad, ümmardunud kehavormidega ilusate piirjoontega kubeme (sideme) kohal, kõhul (sirglihas!), kael mitte paks, piiratud näost, nägu on sale, ovaalne (79. joon.). Rasvunu välimus on eba-meeldiv, kirjeldatud saledad piirjooned puuduvad, kael ja nägu on liiga jämedad, piiriga eraldamata, kael selja poolt peast teravamalt eraldamata, kõht suur jne. Kasvavad lapsed on harilikult ilusa kehavormiga, sest nad on harva rasvunud (elav ainevahetus ja liikumine). Saledad on ka metsikud loomad. Emad harilikult röömustuvad, kui nende imikud või noored lapsed on lihavad. Teadlaste kogemus on aga tõestanud, et lihavus, eriti tursunud keha, ei ole sugugi veel tervise tunnus. Väga kergesti võib säärane lihavus kaduda, koed vett kaotada ja järgneda kidurus. Teadlaste kogemuse järgi on kõik **üleetoidetud** lapsed kahanenud immunteediga, s. o. nad **haigestuvad nakkushaigusesse kergemini**. Kaua vältav liigtoitmine põhjustab sagedasti kriisidena tekkivaid raskeid seedetegevuse korratusi. Eriti ületoitmine süsivesikutega põhjustab mürgistuse (toksikoosi): areneb rahutus, kahvatus, hiljemini osavõtmatus, uimasus, palavik, kaalu kahanemine, nõrgaksjäämine. Mürgistus algab **sooleseina vigastusega** ja kõige kindlam abinõu tema vastu on üldise kogemuse alusel täielik nälgimine (paar päeva). Seedeorganite puhkusele ja mõõdukale toitmisele järgneb paranemine. Üldse, laste suhtes ei kahtle asjatundjad ületoitmise kahjulikkuses, täiskasvanuile aga imelikul kombel peetakse seda siiski vähe kardetavaks. Vahe on küll selles, et täiskasvanul ei tule tagajärjed nii kiiresti nähtavale.

Terve isiku nahk ei ole tainjas, lõtv, voldiline ja kahvatu, vaid sitke, elastiline, sile, soe ja roosa. Kogu kehategevus toimub täiesti tervel ilma ühegi vaevata ja valuta, uni on rahulik ja pidev, ärgatakse värskuse ja elavusega. Ei põhjusta trepist ülesminek tunnet, et süda on olemas, ega teki lõõtsutamine nii kergesti. Ei tundu seedeorganeis mingit mõnustust. Nii pea kui aga seedeorganeis märgata mõnustust, on neid juba nõrgendatud ja vigastatud, kas liig-söömisega või ebakohase toiduga jne. Tahetakse hoiduda vigastuse edasiarenemisest ja pikaldaseks muutumisest, siis on tingimata tarvis anda neile enam-vähem täielikku **puhkust** või vähem tegevust, vähemalt mõne päeva vältel. Suuremad häired nõuavad muidugi pikemat puhkust. Pealegi kaob sagedasti niikuinii isu, mis on looduse näpunäide, et puhkust tarvis. Kõige viljakamad ravimisviisid on ikka need, mis seedeorganeile annavad tarvilikku puhkust ja neid võimalikult vähe koormavad.

Kasustatavus ja seeditavus. Toiduaineist jääb suurem või vähem osa seedimata ja organismile läheb see kaduma. Liha, sai, suhkur kasustatakse peaaegu täielikult. Tselluloosirikkamaist taimeriigi saadusist jääb suurem osa kasustamata. Seedumata jääb tselluloos (osa temast lammub bakterite tegevusel) ja need toiduained, mis ümbritsetud tselluloosist kestadega, nii et seede-mahlad ligi ei pääse. Toitainete kaotus rooja kaudu on:

	Valgud	Rasv	Süsivesikud
Loomatoidu ülekaalul . . .	3,9%	4,5%	2%
Segatoidul (pooliti kumbagi)	15 "	8 "	5 "
" (vähe liha) . . .	22 "	14 "	7 "

Valkaineid jääb kasustamata lihast 3%, saiaist 20%, leivast ja kartulist 30%; süsivesikuist jääb kasustamata saiaist 1%, leivast 10%. Suur tähtsus on peenendusel. Nii jääb kasustamata:

tükikartuleist 7% (6—11) kaloreid, 25% (20—30) valke
kartulipudrust 2% (1—3) „ „, 15% (8—20) „

Oleks eksitus nimetada neid aineid, mis jäävad suurelt osalt seedimata ja kasutamata (näit. kartul, kapsas, kaalikad jne.) raskesti seeditavaks. Raskesti seeditavate ainete all mõistetakse kõige pealt neid toiduaineid, mis kaua maos püsivad ja rohkesti seedemahla nõuavad. Raskesti seeduvate hulka kuuluvad eriti väga rasva- ja valgurikkad road (rasvane liha, rasvased ja valgurikkad küpsised ja koogid, rasvane juust jne.).

Toiduained.

Inimene võtab toiduks aineid taime- ja loomariigist. Kõige tähtsamat osa inimese toidus etendab taimeriik. Taimeriigi saadustest tarvitab inimene toiduks kõiksugu taimede seemneid, vilju, juuri, juurikaid, lehti jne. Parasvöö maades on teravilja kasvatusel kõige tähtsam koht. Teraviljast valmistatakse leiba, saia, putru, suppe jne.

Rukis. Kesk- ja Põhja-Euroopas on rukis kõige harilikum teravili. Teda kasvatatakse ka Põhja-Ameerikas. Rukkijahust valmistatakse leiba. Taigen hakkab käärima pärmseente mõjul, mis õhust sinna sattunud või olid endises taigas, mis selleks alal hoitakse. Käärimisel tekkinud süsihappe (CO_2) mõjul kerkib taigen. Ahjus paisub taigen veel, sest gaas laieneb soojuse mõjul. Puudulikult käärimud leib on väga tihe (tänkjas, tahkjas) ja sitke, nõnda et seedemahlade läbitungimine on seal raske: puuduvad „tühjad“ (gaasi) ruumid.

Nisu. Nisu kasvatatakse enam lõunapoolseis parasvöö maades. Seal on tal niisamasugune tähtsus kui põhja pool rukkil (nisuleib). Lõuna-Venemaal ja P.-Ameerika Ühendriikides on nisu all määratu suured põllud. Pealegi laieneb nisukasvatuse rukki arvel.

Rukki ja nisu jahvatamist toimetatakse kahel viisil. Ühe viisi järele jäetakse tera kest jahudesse, mille tagajärjel saab jämedam jahu ja „mustem“ leib ja sepik. Teise viisi järele sõelutakse kestosad jahust välja. Siis saab valge jahu, millest valmistatakse peenleib ja sai. Väljasõelutud terakestad — kliid — antakse toiduks loomadele. Säärast viisi ei või küllalt heaks nimetada. Tera läbilõikel näeme kõige peal kõva tselluloosist kesta, mille all asetseb kandiliste rakkude kiht. Tera keskel on piklikud rakud, kus sees on suurel hulgal tärklisteri. Kandilistes rakkudes on valkained (aleuroonterad), soolad ja vitamiinid. Tera teistes rakkudes on neid vähe, või nad isegi puuduvad seal. Jahvatamise korral jäävad kandilised rakud tsellulooskihi külge (kliid). Nii siis, kui me kliid loomadele anname, kaotame ise jahu väärtuslikud ja tarvilikud ollused. On kohane ka kliid toiduks tarvitada, neid hästi peeneks jahvatades.

Riis. Riis on kõige tähtsam teravili, sest temast elatavad endid mitmed sajad miljonid inimesi. Hiinlaste ja jaapanlaste peatoit on riis. Teda kasvatatakse veel Indias, Aafrikas, Lõuna-Euroopas jne. Riisiteral on kollane kest, mille all õhuke läikiv „hõbekile“. „Hõbekiles“ on vitamiine. Euroopas tarvitatakse ainult ilma kestata — „poleeritud“ — riisi.

Teised teraviljad. Lõuna-Euroopas ja ka Ameerikas kasvatatakse kaunis palju maisi ehk kukuruusi. Mais on näit. Rumeenias peatoiduks, kus temast putru (mamalõõga't) valmistatakse. Ameerikas nuumatakse temaga harilikult sigu. Vähem tähtis on hirss. Teraviljadest tarvitatakse toiduks veel otri ja ka eru. Üldse on teraviljade tarvitamine väga suur ja laialdane. — Nad kõik sisaldavad palju tärklisist.

Kaunviljadest etendavad inimeste toiduna suurt osa oad, türgioad, herned, läätsed. Neis on rikkalikult valkaineid, isegi enam kui lihas. Nad on rikkad ka tärklisest.

Kartul on põhjapoolsetes maades tähtsaks toiduaineks, iseäranis Iirimaal, kus ta on pea ainsaks toiduks. Kartulis on vähe valkainet (1—2%), mispärast neid, ainult kartuleid süües, palju peab tarvitama. Tärklisist on kartulis keskmiselt 20%.

Aiaviljad (kaalikad, porgandid, peedid jne.) on veerikkad. Toitaineid on neis 10% ümber. Kõige enam on neis tärklisist ja suhkrut. Väga soovitatav on neid tarvitada toidu mitmekesistamiseks, iseäranis ka maal. Neis on suuremal määral toitesoolasid ja ka vitamiine. Samuti on lugu lehtviljaga (salat, spinat, kapsas).

Puuvili (õunad, pirnid, ploomid jne.) on maitsevad toiduained. Toitaineid leidub neis eriti suhkrut, mis kergesti omandatav. Toitesooladegi pärast on puuvili väga soovitatav, eriti siis, kui toidus vähe tselluloosi, mis sooletegevust elustaks (peenleib, sai, liharoad jne.!).

Väga toitvad on pähklid ja lõunamaade puuviljad (vt. pähkli koosseisu). Banaanid, datlid ja kookosed on miljoneile lõunamaalasile peatoiduks. Kookosest valmistatakse taimerasva.

Liha on valgurikas toit (ümmarguselt 20%). Rasvases lihas on veel palju rasva. Liha ei hinnata tema iseäralise toitvuse pärast, vaid enam sellepärast, et ta on maitsev ja sisaldab ärritavaid aineid. Liha seedub peaaegu täielikult. Temas olevad maitseained ärritavad seedeorganeid kiiremale tegevusele (nõristamise mõttes). Liha armastavad iseäranis need tarvitada, kes vähe liiguvad, kel seedeorganid lõdvalt töötavad, see on iseäranis linnas, kus äreva elu ja vähese liikumise tõttu loomulik isu kaduma läinud. Liha-tarvitamine on kõige suurem rändajate metsikrahvaste juures ja Euroopa ning Ameerika linnades. Maal on liha-tarvitamine vähem. Suurem osa inimesesoost tarvitab liha väga vähe, paljud mitte sugugi või peaaegu mitte sugugi. Liharikas toit, eriti väheliikaval eluviisil, on kahjulik, sest ta koormab eriti neerusid.

Teiseks tähtsaks loomariigi saaduseks on rasv. Rasv on väga tegus toiduaine, sest ta sisaldab palju energiat. Rasvarikas toit tundub palju toitvamana ja maitsvamana kui tärkliserikas, kuid ta nõuab seedimiseks enam aega. Seepärast ei ole hea ka liiga rasvast toitu tarvitada.

Piim on kaunis laialdaselt tarvitav toiduaine. Piima hapnemisel kalgastub ta valkaine (kaseiin), millest siis kohupiim valmistatakse. Piim läheb hapuks bakterite mõjul, kes piimasehkre piimahappeks lahutavad. Hapus piimas sisalduv hape takistab enam-vähem teiste bakterite sigimist sooles, mispärast siis vähem roiskumisprodukte tekib. Piimas tekivad kergesti veel mitmesugused bakterid, mis võivad tervisele kahjulikud olla.

Piima saadustest on laialt tarvitusel või (piima rasv), koor, juust, kefiir jne. Juustu peaosis on valkaine (kaseiin).

Maitseained. Roogade maitsvamaks tegemiseks tarvitatakse mitmekesiseid maitseaineid (kõõmned, sibul, mädarõigas, murulauk, porrud, sellerid, kaneel, pipar, nelk, loorberilehed, safran jne.). Maitseainete mõjul toimub elavam seedemahlade nõristus. Neid ei pea aga palju tarvitama. Kanged värsid (pipar, sinep jt.) vägistavad organismi ja neist tuleks hoiduda. Loomulikus toidus on maitseaineid iseenesestki olemas, nii et nad rikkumatule maitsele küllalt head on. Maitseainete hulka tuleb arvata ka keedusool. Seda tarvitatakse üldiselt kindlasti liiga palju. Idapoolsed soomesugu rahvad, kamtšadaalid, tunguudid, kirgiisid, mõned araablaste suguharud, samoalased, bušmenid, lõunaameerika rohtlate karjased, Fidži saarte elanikud jt. ei tundnud soola. Soolalisand toidule tegi neid otse haigeks. Keedusool koormab eriti neerusid. „Liiga vähe keedusoola ei ole veel kellelegi kahju teinud, liiga palju teeb aga igapäev rasket kahju“ — nii väidab üks tuntud toitumisuuriija. Keedusoola tarvitus, mis tõuseb üle 1 kuni 1,5 kg aastas (3 kuni 4 g päevas), on juba kindlasti täiesti üleaarune.

Kohastus ehk harjumus. Väga suurt osa etendab toitumisel harjumus. Nagu teada, on toitumisviisid ütlemata mitmekesised. Seedimisorganid harjuvad teatava toitumisviisiga ja nad töötavad toidu koosseisu järele. Nad võivad kaunis laiades piirides oma tegevust muuta, kuid mitte kiiresti. Kui järsku üle minna teissuguse toitumisviisi peale, siis on alguses harilikult mitmekesised seedimise- ja teised korratud. Alles mõne aja pärast kohastub keha uue toiduga.

Jook. Veetarvidusest teatab organism janu teel. Ei sisalda toit küllalt vett, siis on ainuke kohane jook puhas vesi. On toidus küllalt marju, puuvilja (õunu jne.), aiavilja, siis (eriti koos keeduveega) täidavad need joogitarviduse, nii et kohvi ja teetarvituse on täiesti liigne neerude koormamine. Veerikkuse pärast ei soovitata piima palju tarvitada (kohane kuni 1/2 liitrit päevas). Veerohkus soodustab roiskumist soolekanalis. (Tooge näiteid veest kui roiskumist soodustavast tegurist).

Toit ja tervis. Kahtlemata on toitumisviisil suur mõju inimese tervise ja arenemise suhtes. Kahjuks on toitumise küsimuses rida üksikasju veel vaidlusalused ja arvamused lahkuminevad. Rahvaste toitumisviisid on teatavasti väga mitmekesised, sõltudes kliimavööst, asundusvormist (linn, maa) jne. Kuidas aga iga toitumisviis mõjub, on veel vähe uuritud. Kindel on igatahes küll see, et eksimused toitumisel kuuluvad kõige tähtsamate ja kõige sagedamate tegurite hulka, mis haigusi tekitavad. Üldiselt püütakse praegusel ajal süüa võimalikult rohkem liha, mune, juustu, saia ja mitmesuguseid eriti maitsvaid roogi.

Kasvab suhkrutarvitus. Vähe peetakse lugu aia- ja puuviljast. On kindel, et säärane toitumisideaal on täiesti vale. Säärane toit on **liiga valgurikas** ja ta koormab seega eriti neerusid, vigastades teisigi organeid. Vähenen tselluloosisisaldus laseb areneda **roiskumisel** sooltes ja tekkida mürgiseil aineil (valkude roiskumisest eriti mürgised!). Säärane toit on **vaene mineraalaineist** (eriti aluseist) ja ka **vitamiinivaene**. **Maitsvus** ahvatleb liigasöömisele. Kõige selle tagajärjeks on väga suurel arvul neerude, maksa, seedeorganite ja vereringvooluorganite haigused. Jooksja (reumatism, valgurikkuse tagajärjel eriti), luuvalu, suhkurtõbi, maopaise (haavad), sapi- ja neerukivid, vähk ja hulk teisi haigusi on seotud toitumiseksitustega. Olgu siin veel kord rõhutatud, et isegi **nakkus-** ehk infektsioonihaigused leiavad pinda, kui organism vitamiinivaeselt toidetud (A-vitamiini vähesus!). Et nimetatud haiguste tekkimisel on toitumine otsustava tähtsusega, selgub sellestki, et toitumise muutmisega ravimised annavad väga häid tagajärgi (vähem valke, rohkem vitamiini- ja mineraalainesterikkaid roogi!).

Eriti selgesti avaldab toidu koosseis oma toimet noores eas, imikuil. Emapiimal on imik vastupidavam kui lehmapiimal (kannab enam nälga ja alatoitumust, vähem kaldub happesusele — atsidoosile, kuses vähem orgaanilisi happeid jne.). Erineb imiku toit veel enam emapiimast, siis on tagajärjed seda pahemad. Nii väga tundlik on ta. Kahtlemata on täiskasvanugi terveks eluks toidul ülisuur tähtsus, kuigi eksimuste tagajärjed ei avaldu nii kiiresti ja sagedasti vähem ägedalt. Peale kohase koosseisu on ülitaltsis silmas pidada kvantiteeti, mõõdukust ehk optimumi. Kui kaua võib puudulikult toidul elada, seda tõestavad kõige paremini sääraseid juhud, kus loomad (hiired) kasvavad ja sigisid terveni kolme põlve kestel (kunstlik toitainete segu), aga viimaks ei suutnud enam areneda. Nii pika aja järgi võib puudulikkus avalduda!

Taimtoit ja lihatoit. Kahtlemata olid inimese esivanemad puuviljasööjad (frugivoorid). Tertsiaäri sooja kliimaga kasvavad Euroopaski palmid! Jääaja tulekuga ei leidunud enam puuvilja. Häda sunnil hakkasid inimese esivanemad lihasööjaks. Et inimese **hambad ei ole sugugi kohased** naha katkikiskumiseks ega peenendamiseks, siis võetakse tarvitusele kivikirved, küpsetamine, keetmine jne. Nüüd peetakse liha toiduna väga soovitavaks ja tarvilikuks, kuid tuleb märkida, et Aasia rahvaist elavad miljonid ilma lihata (eriti usulisil põhjusil). Samuti leidub igal pool taimtoitlasi. Ei suudeta eitada, et taimtoiduga võib väga hästi elada (korralikul valikul isegi tervemana kui liha-toidul). Seepärast on liha tarvilikkus ja kasu küsitav.

Liharikas toit endandab kõige pealt luuvalu, vigastab kergesti neerusid, maksa, soontesüsteemi, koormab magu ja kõhunääret. Väärrib tõsist tähelepanu, et liha keelatakse ja piiratakse väga paljude haiguste korral (palavikuhaigusil, nimetatud organite häireil, mõningail närvahaigusil jne.). Et liha võib halvasti mõjuda, näitab muu seas see, et pärast kilpnäärme väljalõikust tekitab liha krambid (katsed koortega), kuna piima- ja taimvalgud seda ei tee. Suhkurtõbiseile on liha enamasti vähem kohane kui taimelised valgud samal määral (rohkem suhkrut kusesse!). Liha ja teiste loomasaaduste produktsoon

on kulukas: looma enese elutegevuseks (liikumiseks, soojuseks jne.) kulub ümmarguselt 80%, kuna kõigest 20% tema toidus peituvast energiast läheb inimese kasustusse. Rahvaarvu kasvamine sunnib tulevikus hoiduma säärasest pillamisest ja tarvitusele tulevad teised täisväärtsuslikud valkained (kookos, soojauba, pähkliid j. t.), mis kõigiti suudavad asendada liha- ja piimatarviduse.

Veri ja vereringimine.

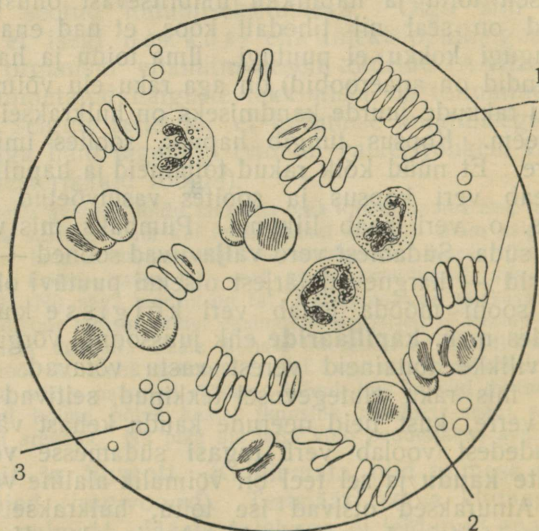
Ainuraksed (amööbid, infusoorid ehk ripsloomad jne.) võtavad toitu otsekohele ümbritsevast veest ja eritavad sinna samasse kõlbmatud laguained. Hapnikku hingamiseks saavad nad samuti otseselt veest. Hulkrakse looma kehas ei saa arusaadavalt iga rakk otseselt toitu ja hapnikku ümbritsevast õhust ega veest, sest rakud on seal nii tihedalt koos, et nad enamasti välise ilmaga sugugi kokku ei puutugi. Ilma toidu ja hapnikuta (O_2 suhtes erandid on anaeroobid) on aga raku elu võimata. Toidu ja hapniku rakkude juurde kandmiseks on hulkrakseil kujunenud soontesüsteem. Kopsus tungib hapnik, sooltes imitsevad toitained verre. Et nüüd kõik rakud toitained ja hapnikku saaksid, selleks peab veri kopsus ja sooltes vastuvõetud ained edasi kandma, s. o. veri peab liikuma. Pumbaks, mis vere liikuma paneb, on süda. Südamest verd väljaviivad sooned — **tuiksooned** ehk **arterid** — hargnevad järjest otsekui puutüvi oksiks. Õige peenikesi sooni mööda jõuab veri kõigisse kudedesse, moodustades n. n. **kapillaaride** ehk juussoonte võrgu, kust nüüd rakud tarvilikke toitained verest vastu võtavad. Kõlbmatud laguained, mis raku elutegevusel tekkinud, seitivad ehk diffundeeruvad verre, kust neid neerude kaudu kehast välja toimetatakse. Kudedest voolab veri tagasi südamesse **veenide** ehk **tõmbsoonte kaudu** ja sel teel on võimalik alaline vere ringvool soontes. Ainuraksed otsivad ise toitu, hulkrakse organismis tuuakse aga toitained vere kaudu raku juurde. Veri on seega keskkond, kus leiduvad toitained rakkude jaoks ja kuhu rakud eritavad oma kõlbmatud ained. Soontesüsteem on seega võrreldav veevärgi ja roiskvee torustikuga, kanalisatsiooniga, mis linna maju puhta veega varustab ja roiskvee ära viib. Peale selle on verel teisigi ülesandeid.

Veri.

Värskest väljavoolav veri paistab olevat päris vedelik, ent kui teda vaadelda mikroskoobi abil, siis osutub, et veri ei ole lihtsalt vedelik, sest temas leiduvad pisikesed, teatava vormiga kehakesed — **verelibled**. Vere vedelas osas, mida nimetatakse **plasmaks**, leiduvad **punalibled**, **valgelibled** ja **vereliistakud**.

Punased verelibled ehk **punalibled**, erütrotsüüdid, (80. ja 81. joon.), paistavad mikroskoobi all kollastena, ja alles paksema kihina tekitavad nad vere iseloomulise punase ehk vereva vär-

vuse. Punaliblesid on veres palju (harilikult üle $\frac{1}{3}$ vere ruumalast, (35—40%). Ühes kantmillimeetris on punaliblesid keskmiselt mehel 5 miljonit, naisel 4,5 miljonit. Juba neist arvudest järgneb, et punalibled on väga pisikesed (diameeter 8 μ , 1 sm. peale läheb neid ritta 1250 tükki). Vormilt on nad ketta või napa või kellalaadi (uuemate andmete järgi). Kuna muidu igal rakul on tuum, puudub see punaliblel. Ent punalibledeki tekivad tuumaga rakkudest, mis asetsevad luuüdis või põrnas (noores eas). Punalible valmimisel kaob tuum. Punalible iga on piiratud: nad laguvad mõne nädala pärast põrnas ja maksas.



80. joon. 1: punalibled. 2: valgelibled. 3: vereliistakud.

Punalible protoplasmas on rohkesti punast värvainet — **verepuna** ehk **hemoglobiini**. Hemoglobiin on liitühend, mis koosneb valkainest ja erilisest **rauda** sisaldavast ühendist. Hemoglobiini tähtis omadus on see, et ta **kergesti ühineb hapnikuga** ja samuti kergesti võib vabastada jälle hapnikku. **Hapnikuvaene** veri on **tumepunane** — **tõmbsooneline** ehk **venoosne**. **Hapnikurikas** veri, kus hapnik hemoglobiiniga ühendi moodustanud, on **helepunane** — **arteriaalne, tuiksooneline**. Lihtsa katse abil võib selles veenduda, et venoosne veri muutub kergesti arteriaalseks. Tarvitseb võtta venoosset verd ning seda katseklaasis **loksutada**, siis muutub ta helepunaseks, arteriaalseks (katset tehakse seisnud verrega, kus hapnik ära tarvitatud). Venoosne veri puutub loksutusel õhuhapnikuga tihedamini kokku

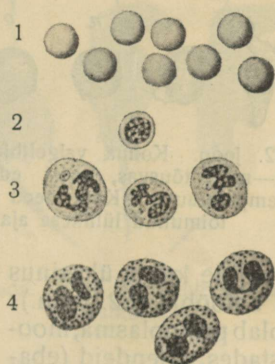
ja rikastub hapnikust, kusjuures tekib hemoglobiini ja hapniku heledavärviline ühend (oksühemoglobiin). Nagu loksutusel, nii puutub kopsudeski hapnikuvaene venoosne veri lähedamalt kokku õhu hapnikuga ja hemoglobiin ühineb hapnikuga, kusjuures veri muutub arteriaalseks. **Arteriaalne veri** voolab nüüd **kopsu veenide kaudu südamesse** (väikeses vereringis on seega veenis arteriaalne ja arteeris venoosne veri!) kust ta vasemast vatsakesest kogu kehasse (peale kopsude) juhitakse. Koed tarvitavad oma elutegevuseks hapnikku alatasa ja seepärast on nad hapnikuvaesed. Kui nüüd arteriaalne veri kapillaares voolab, siis toimub **kudedes ja vere vahel gaasidevahetus**. Punaliblede hemoglobiinist vabaneb hapnik ja tungib kudedesse, kus gaaside difusioonil, nii vere ja kudedegi vahel, tungib hapnik sealt, kus teda rohkem, sinna, kus teda vähem ehk hõredamini. Veri, mis läbi juusoonete jõudnud, on seega hapnikuvaene, tumepunane. Edasi läheb veri veenidesse (läbi naha sinakatena paistavad sooned on veenid, neis tumepunane venoosne veri). Kopsu jõudnud venoosne veri muutub uuesti arteriaalseks. Ning jälle viib arteriaalne veri kudedesse uut hapnikku.

Nii siis punaliblede ülesanne on **hapniku kudedesse kandmine**, kus ta kulutatakse kudedes hingamisel hapendumiseks ehk oksüdeerumiseks. Teatavasti tekib hapendumise ehk „põlemise“ lõppsaadusena kudedes **süsihappu gaas**. Arteriaalses veres on aga süsihappu gaasi vähe ja seepärast tungib ta kudedest difusiooni teel verre. CO_2 -gi kantakse suurel määral punalibledes edasi (ühend leelistega). Venosse verrega kopsudes jõudnud, tungib CO_2 verest kopsudes leiduvasse õhku, sest õhus on teda palju vähem kui venoosses veres. Kopsudest satub CO_2 väljahingamisel välisesse õhku. Nii siis, õhk mida sisse hingatakse, muutub järgmiselt: temas kahaneb hapniku hulk, kuid CO_2 sellevastu rohkeneb.

Et punalibled on väga pisikesed, siis on nende **pindala suur**. Suur pindala on aga kohane elavaks gaasidevahetuseks.

Kui jagada 1 ksm osadesse 1 kmm, 0,1 kmm jne. suurusega, siis suureneb selle ühe kantsentimeetri pindala järgmiselt:

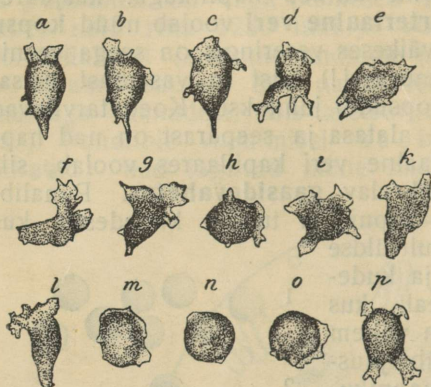
	1	ksm.	omab pindala	6	rsm.
Üks tuhat	0,1	ksm. (= 1 ksm.)	omab pindala	60	rsm.
Üks miljon	0,01	ksm. (= 1 ksm.)	"	600	rsm.
Üks miljard (10^9)	0,001	ksm. (= 1 ksm.)	"	6000	rsm.



81. joon. Verelibled. 1: punalibled. 2—4: valgelibled (2: lümfotsüüt; 3: peeneterane ja 4: jämeterane leukotsüüt.

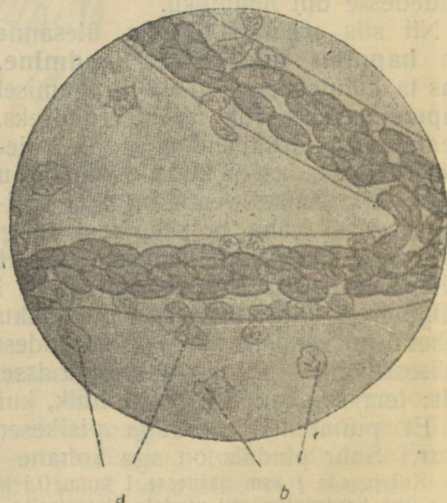
Kuup äärepikkusega 0,001 sm on pisut suurem punaliblest! Punaliblede arv ulatub inimkehas 25 biljonini (25. 10¹²) ja nende 3000 ruutmeetrit! Püsisoojaseil on punalibled soojaseil. Kuna inimese verelible diameeter on

punaliblest! Punaliblede arv üldine pindala on ligi 8000 m², on pikkus angerjal 15 μ, kilpkonnal 25 μ, kahepaiksel *Proteus* 58 μ. Püsisoojaste kehasoojuse tekkimiseks on rohkesti hapnikku tarvis ja suure pindalaga pisikesed punalibled on edukaks hapnikuga varustamiseks väga kohased.



82. joon. Konna valgelible kulgemine, a—m-ni tõusvas, m-ist edasi alanevas temperatuuris. Kõik need muutused on toimunud lühikese aja vältel.

punalible kohta üksainus valgelible. Valgelibled liiguvad niisama kui amööbki (82. joon.): voolab protoplasma, moodustades kulendeid (ebajalakesi). Ja samal viisil, nagu amööbki, piirab ta oma voolava protoplasma toiduosakesed (rakujäänused jne.) või teised (näit. söe, raua, värvainete) kübemekesed sisse. Satuvad näit. haava kaudu bakterid kudesse, siis koguneb sinna valgeliblesid, kes hakkavad baktereid hävitama. Nad „neelavad“ bakterid enesesse (fagotsütoos) ja seedivad nad ära, kaitses seega organismi bakterite vastu. Valgelibled tungivad läbi kapillaaride seinte (83. joon.) sinna, kus bakterid pesitsevad.

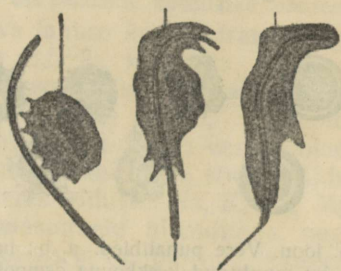


83. joon. Valgete vereliblede soonte seintest läbitungimine. a: läbitungivad rakud. b: koos hulkuvad rakud. Näha kaks juussoont, kus palju valgeliblesid.

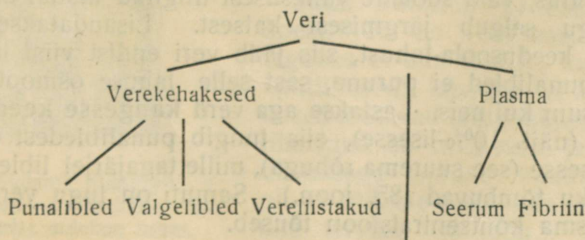
Sigib haavas palju baktereid, siis piiravad valgelibled seda kohta hul-
gana ja neelavad baktereid rohkesti (84. joon.). Haavast väljatulev
mäda sisaldab palju bakteritega täidetud valgeliblesid, kes seega
hukkuvad organismi kaitsel. Bakterite juurde tungimine on seotud
keemiliste muutumistega, mis kudedes bakterite mõjul toimuvad, ja mis
valgeliblesid mõjustavad (kemotaksis). Ei suuda valgelibled kehasse
sattunud baktereid ära hävitada, siis võivad viimased keha toitainete
kulul kiiresti sigida, võivad isegi hävitada kudesid ja seega või oma
kangete mürkidega organismi surmata. Valgelibled, eriti n. n. fagotsüüdid
ehk õgirakud, on nii siis **bakterite hävitajad** ja nad etendavad seega
organismi elus ülitähtsat osa: pisikesed vigastused, mille kaudu
bakterid kudedesse võivad tungida, tabavad nahka või limanahku
iga päev ja ilma erilise kaitseta langeks organism õige pea bakterite
saagina.

Kehast välja voolanud veri **hüübib** mõne minuti pärast, tekitades
p o o l k õ v a massi — verekämbe. Veri hüübib ka haaval ja takistab
sel teel vere väljavoolamist. On vere hüübivus puudulik, siis võib
juba väikegi haav olla elukardetav (hamba väljatõmbamine, verevool
ninast!). Hüübimisel tekivad iseäralisest

valkainest — **fibriinist** — niidikesed, mis loovad tiheda võrgu, kuhu
sisse jäävad puna- ja valgelibled. Hüübinud verega anumad võivad
kummuli pöörata, ilma et veri välja voolaks. Kui värskelt väljalastud
verd kareda asjaga (pulgaga, vitsadega) segada, siis jäävad fibriin-
niidikesed kimbuna kareda pinna külge ja veri ei hüübi enam, s. o. ta
jääbki vedelaks. Vere hüübimine algab **vereliistakute** lagumisega,
moodustades keskkohad fibriini niidikeste tekkimiseks Kergesti-
laguvuse tagajärjel neid harilikul vere vaatlemisel mikroskoobiga
ei olegi näha. Vereliistakud on tuumata, õige pisikesed (1—3 μ)
moodustised, muutliku vormiga. Ühes kantmillimeetris leidub neid
150.000 kuni 200.000.



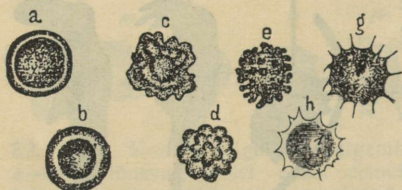
84. joon. Vere valgelible bakterit neelamas.



Kui hüübinud veri kauemini seisab, siis lühenevad ehk tõmbuvad fibrin-niidid kokku ja verekämpust surutakse kollakas vedelik — **vereseerum** ehk verevadak — välja. Vereseerumi koosseis on muidu sama kui plasmal, kuid temas **puudub fibrini** niidikesi tekitav aine (fibrinogeen), ja seepärast ta ei hüübi.

Vere **plasma** vees on lahustunud valkaineid (7—8⁰/₀, selle seas fibrinogeeni 0,4 kuni 0,6⁰/₀), viinamarja suhkrut (0,1⁰/₀), rasvu, mineraalaineid j. t. Peale loendatud ainete, mis rakkudele tarvilikud toiduna, energiaallikana ja ehitusmaterjalina, leidub plasmas veel teisigi tarvilikke aineid (sisesekretsiooni saadused jne.) ning veel kõlbmatuks ja kahjulikuks muutunud laguaineid. Verre tulevad viimased kudedest ja kõrvald-

takse kehas neerude kaudu. Plasma hüübib, nagu võib tähele panna tsentrifugeeritud veres (punalibled raskemad, eralduvad plasmast, põhja).



85. joon. Vere punalibled. a, b: harilikud. c—h: muutunud keskkonna osmootse rõhu suurenemise tagajärjel.

Mineraalainel ehk sooladel on organismis väga suur tähendus. Osalt on nad ehitusmaterjaliks, nagu näit. luudes, kus rohkesti Ca (kaltsium)-soolasid. Tei-

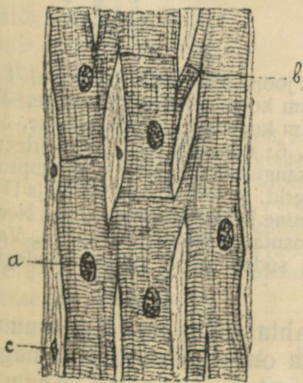
seks on nad **hapete neutraliseerijaks**. Mineraalainete metallid ühinevad kehas tekkivate hapetega, kusjuures võib kaduda happe mürgisus. Kolmandaks on soolad teatava **osmootse rõhu** tekitajad jne.

Vere plasma osmootne rõhk on üle 7 atmosfääri. Sama suur on rõhk rakkudes ja verelibledes. Lisandatakse verele **destilleeritud vett**, siis on lahjendatud plasma osmootne rõhk vähem kui verelibledes. Seepärast tungib punalibledesse rohkesti vett, nad paisuvad suuremaks ja **lõhkevad** viimaks suure seesmise rõhu tagajärjel (hemolüüs). Hemoglobiin vabaneb verelibledest ja lahustub vees, kusjuures veri muutub hoopis **läbipaistvaks** (lakkveri). Vereliblede lõhkemise põhjus ei ole lihtsalt vere lahjendus, vaid soolade vähesusest tingitud madal osmootne rõhk, nagu selgub järgmisest katsest. Lisandatakse verele 0,8—0,9⁰/₀ keedusoola-lahust, siis jääb veri endist viisi läbipaistmatuks: punalibled ei purune, sest selle lahuse osmootne rõhk on sama suur kui neis. Lastakse aga verd **kangesse keedusoolalahusesse** (näit. 10⁰/₀-lisesse), siis tungib punalibledest osa vett NaCl-lahusesse (see suurema rõhuga), mille tagajärjel libled konarliseks kokku tõmbuvad (85. joon.). Samuti on lugu vere kuivamisel: plasma kontsentratsioon tõuseb.

Osmoosi uuritakse teatavasti järgmisel viisil. Võetakse näiteks põhjata pudel, millele põhja asemele köidetakse põis või pärgamentpaber. See täidetakse lahusega ja suletakse korgiga, millest toru läbi. Pannakse pudel destilleeritud vette, siis tungib vesi pudelisse, sool aga läheb osalt välja. Vee pudelisse tungimise tagajärjel tõuseb lahus torus: pudelis on tekkinud rõhk, mis lahust toru mööda üles kihutab. Mida kangem lahus pudelis, seda suurem on rõhk, s. o. seda kõrgemale tõuseb lahus torus. Kohast pudelit või riista manomeetri-toruga ühendades võib rõhu suurust mõõta. — Kui aga lahusega täidetud pudeli põhja alla paigutada sama kange lahus kui pudelis, siis torus oleva lahuse pindala ei tõuse ega lange. Pannakse pudeli alla kangem lahus kui seal sees on, siis hakkab pudeli sulgemisel torusse surutud lahus torus allapoole langema. Üldse, **koondatum** ehk kontsentreritud lahus **otsekui kisub enesesse vett juurde nõrgemast**. Sama protsess toimub rakudega, kui neid asetatakse koondatumasse või lahjemasse lahusesse. Vere- liblede kahanemine, plasmolüüs, lehe lödvaksjäämine — kõigil neil nähtusil on üks alus ja nad tulevad esile, kui vastav ese pannakse koondatud lahusesse.

Organismid on kohastunud teatava lahuse kontsentratsiooniga. Merevees on soolad kaunis palju (3,5%), magedas vees aga hoopis vähe (sajandikud ‰). Kui mereorganism pannakse magedasse vette, siis ta sureb, kusjuures ta enne tursub. Vastupidi, magedavee organismid surevad merevees. Inimese vere soolade koosseis on väga sarnane **merevee** omaga, kuid vere soolasisaldus on märksa vähem (0,8% ümber). Veres leiduvad Na, K, Ca, Mg, Fe (punalibledes), Cl, S ja P samasuguste ühenditena nagu mereveeski (osalt). Säärane vere koosseis on päritud kaugeilt loomaliselt esivanemait, kes meres elasid.

Soolade hulk ja koosseis veres on õige **püsiv, konstantne** ja seega on rakkude elutegevuseks **ühtlased soodsad tingimused**. Satub verre palju mineraalained (süstitakse või suu kaudu, näit. liiga soolane toit), siis kõrvaldatakse need võimalikult kiiresti neerude kaudu (janu!). Suurema verekaotuse korral on kasulik verd asendada, sest midu oleks verevarustus takistatud (rõhk väike: sooned pooltühjad!). Arusaadavalt ei kõlba asenduseks destilleeritud vesi (miks?), vaid tarvilik on lahus samade sooladega ja samas kontsentratsioonis, nagu on veres.



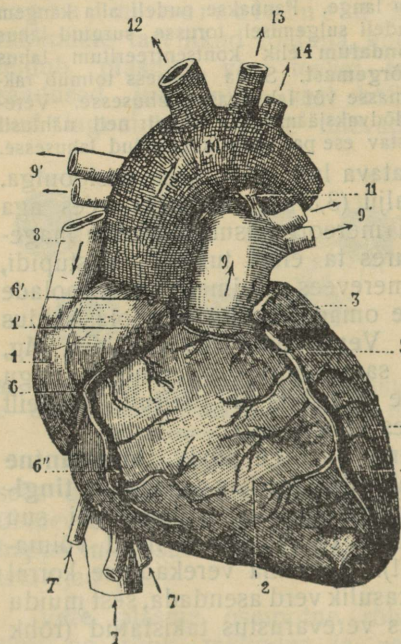
86. joon. Südame lihaskiud. a: lihasraku tuum. b: rakkude vahe. c: vahemise sidekoe tuum.

Süda, sooned ja vereringimine.

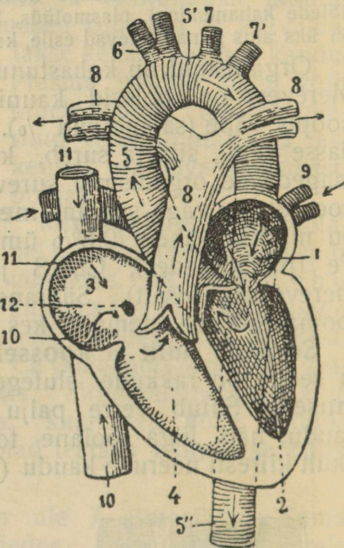
Süda koosneb peamiselt lihaskoest. Ta on võõtlihas, ent tema tegevus ei allu tahtele, kuna teised võõtlihased, luustiku- ehk skeletilihased töötavad tahte mõjul. Südame lihaskiud on lühikesed ja nad on üksteisega harude kaudu seotud, nii et südame lihaskude moodustab ühe terviku (86. joon.). Südalihas

tõmbub kokku (tuksub) isegi ilma ergukava mõjuta ja seejuures levib erutumus (raku ärritatud olek) ühelt lihaskult teiselt (harud!).

Süda on ligikaudu rusika suurune kuhikukujuline organ (87A. joon.). Ta asetseb rindkeres, kopsude vahel, vahelihase ehk diafragma peal, rohkem vasema külje pool. Ta peitub õhukeses



87A. joon. Süda eest. 1, 1': parem koda ja kõrv. 2: parem vatsake. 3: vasem kõrv. 4: vasem vatsake. 5, 5': pikivagu ja sooned, mis südant verrega varustavad. 6: südame sooned (pärags.). 7 ja 8: alumine ja ülemine õõnestõmbsoon. 9: kopsu artereet harudega (9'). 10: aort. 11: side aordi ja kopsu-arteri vahel (lootel veri selle kaudu). 12: nimeta artereet. 13: uneartereet. 14: rangluu-alune artereet.

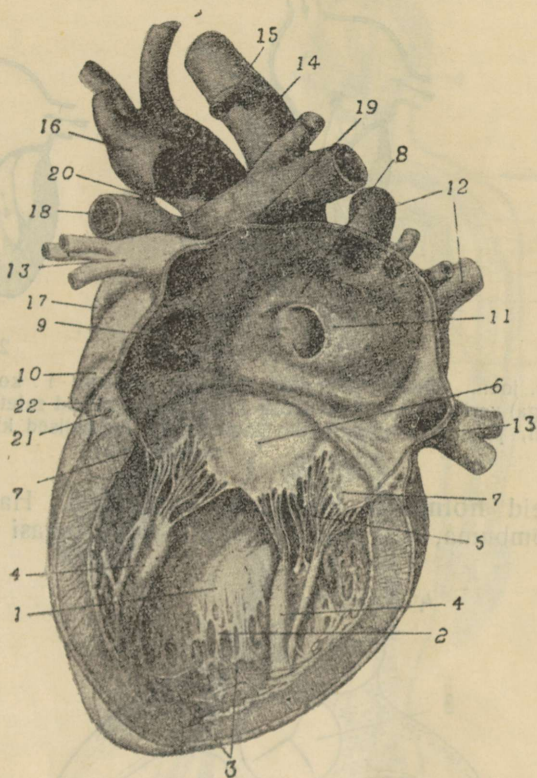


87B. joon. Südame lõik (skeem). 1: vasem koda. 2: vasem vatsake. 3: parem koda. 4: parem vatsake. 5: aort. 6: nimeta artereet. 7: uneartereet. 7': rangluu-alune artereet. 8: kopsu-artereet. 9: kopsu-veenid. 10 ja 11: alumine ja ülemine õõnesveen. Nooled osutavad verevoolu suunda. Vasem südamepool põikriipsudega.

sidekooses südamepaunas, kus vähe mahla. Südame tipp suundub alla ja vasemale, alus üllesse. Süda on jagatud vaheseinaga kaheks (vasemaks ja paremaks) teineteisest eraldatud pooleks (87B. joon.) ja seega on venoosne veri (paremas pooles) täiesti lahutatud arteriaalsest (vasemas pooles). Niisuguse lahutuse tagajärjel ei ole võimalik venoosse vere segumine arteriaalse

verega ning keha saab seega järjest **puhast** arteriaalset verd. Kõigusoojaseil puudub venoosse ja arteriaalse vere eraldamine ning nende kehasse voolab segunud, hapnikuvaesemat verd. Ühenduses sellega on nende ainevahetus raskendatud.

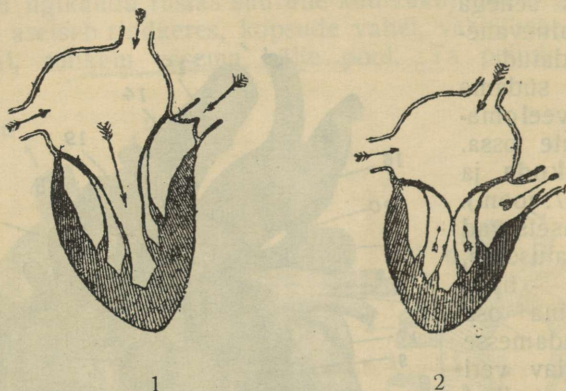
Kumbki südamepool jagub veel omakorda kahte ossa. Need on **koda** ja **vatsake** (87. joon.). Kojad asetsevad südame alusosas, vatsakesed — tipu- ehk kitsama osa pool. Südamesse tagasi voolav veri satub kotta (sellest nimi!), südamest välja tõugatakse veri vatsakesist. Veri voolab järjest ühes suunas ja selleks on süda vastavalt ehitatud. Nagu teada, voolab veri tõmbsoonte ehk veenide kaudu südamesse, kodadesse. Verega täidetud koda tõmbub kokku ja tõukab nüüd vere vatsakesse. Koja kokkutõmbel suletakse vastavate lihaste abil veenide otsad, nii et veri ei pääse soontesse tagasi. Vere kojast vatsakesse tõukamine ei



88. joon. Vasema koja ja vatsakese vaheline hõlmaline klapp. 1: vatsakeste vahesein. 2: lihaspõrgad ja nende kõõlused (3). 4: nāsalihased. 5: kõõluskeelikud. 6: klapi eesmine hõlm. 7, 7: tagumise hõlma osad. 8: kodade vahesein. 9: vasema kõrva avaus. 10: vasem kõrv. 12 ja 13: kopsu veenid. 14: ülemine õõnestõmbsoon. 16: aort. 17: kopsu-arter.

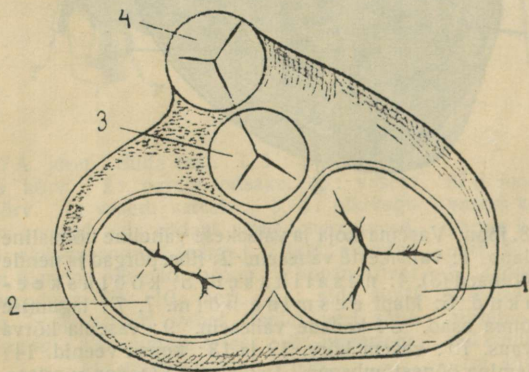
nõua suuremat pingutust, ja sellekohaselt on kodade seinalihased õhukesed. Koja üht õhukete vaheseintega eemaleulatuvat osa tuntakse kõrva nime all. Õige pea pärast vere vatsakesse-kuhjumist hakkavad vatsakesed kokku tõmbuma, kusjuures veri tõugatakse arteridesse. Et veri kotta tagasi ei pääseks, selleks on tema ja vatsakese vahel õhukesed klappid, mis

hõlmadena südame siseseinale kinnitunud (88. joon.). Iga hõlma ääre küljest lähevad kõõluskeelikud nāsakujuliste lihaste külge, mis vatsakeses asetsevad. V a s e m a s südamepooles on säära-



89. joon. Südame klappide tegevuse skeem. 1: kojast (ülal, õhukeste seinetega) veri vatsakesse voolamas; poolkuujad klapid suletud (paremal). 2: vatsake (all, paksuseinaline) kokku tõmbumas; hõlmalised klapid suletud, poolkuujad avali (arteri).

seid hõlmalisi klappe 2, paremas 3. Hakkab vatsake kokku tõmbuma, siis surub veri, mis kotta tagasi kipub, hõlmad hästi



90. joon. Südame klappid. 1: kolmehõlmaline (parema koja ja vatsakese vahel). 2: kahehõlmaline klapp. 3: aordi klapp, poolkuujas. 4: kopsu tuiksoone klapp.

pinevile, niit nende ääred vastamisi kokku puutuvad (89. joon.) ja tee tagasi kotta hoopis suletakse. Kõõluskeelikud ei lase seejuures hõlma ääri kotta heita. Nii ei pääsetervete klappide vahelt sugugi verd kotta tagasi, kuna vigastatud klappid lasevad osa verd tagasi, kusjuures tekib iseloomuline ka h i n.

Vatsakesest väljapaisatud veri ei pääse samuti enam

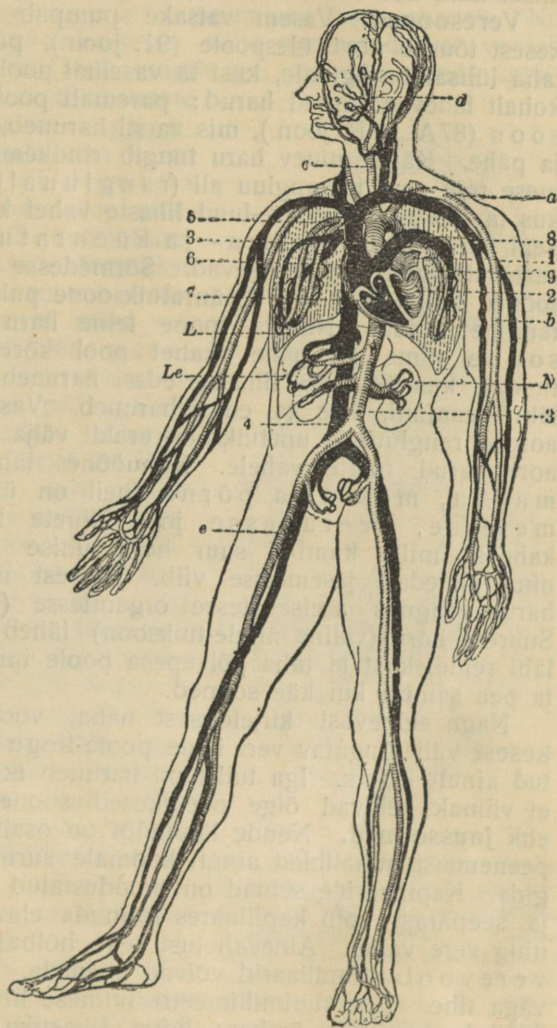
sinna tagasi. Arteride alul asetsevad **poolkuujad klapid** (vt. 89. ja 90. joon.), mis on otsekui soone seina külge kinnitatud taskud

(3 tükki). Vatsakesest väljavoolav veri surub klappid soone seina ligi. Kui aga vatsake hakkab lõtvuma, siis kipub veri sinna tagasi voolama, kuid taskud lähevad verd punnis täis, nii et nende ääred üksteisega kokku puutuvad ja verd sugugi tagasi ei lase (89. j.). Nii pumbatakse veri südamest ikka **ühes suunas läbi**.

Südame tuksumisel võib eraldada kolme järku. Esiteks tõmbuvad kokku kojad (vasem ja parem samaaegselt), kuna vatsakesed on siis veel tegevuseta. Siis varsti tõmbuvad kokku vatsakesed, kuna kojad on tegevuseta.

Järgneb kogu südame tegevusetus ehk **paus** (soik). Üksikute kokkutõmmete (süstolite) vaheaeg on südamele ainuke **puhkusaeg**, sest süda tuksub kogu elu läbi.

Südame klappide sulgemise ajal kuulduvad **toonid** (kuulda ka lihtsalt kõrvaga). Hõlmaliste klappide sulgemise ajal on madalam ja tumedam toon. Varsti selle järele on kuulda kõrgem, selgem ja lühem toon (poolkuujate klappide sulgemise momendil), millele järgneb pikem paus.



91. joon. Soonkond. 1: vasem koda. 2: vasem vatsake. 3: aort. a: rangluu-alune tuiksoon. b: õlavare tuiksoon. c: unetuiksoon. e: reie tuiksoon. 4: alumine õonestõmbsoon. 5: ülemine õonest. 6: parem koda. 7: parem vatsake. 8: kopsutuiksoon. 9: kopsutõmbsoon. L: kops. Lc: maks. N: neer.

Täisealisel tuksub süda 60 kuni 80 korda minutis, vast-
sündinul 130, 5 a. lapsel 100 korda. Töö ajal tuksub süda
kiiremini ja tugevamini (kiirel käigul 140, jooksul ja võidusõud-
misel kuni 250 korda minutis).

Süda **Veresooned.** Vasem vatsake pumpab vere aorti. Vatsa-
kesest tõuseb aort ülespoole (91. joon.), pöörduv siis loogana
taha lülisamba ligidale, kust ta vasemal pool alla läheb. Looga
kohalt lähevad suured harud: paremalt poolt nimeta tuik-
soon (87A. ja B. joon.), mis varsti haruneb, andes sooned kätte
ja pähe. Kätte minev haru tungib rindkerest välja, läheb esi-
mese roie peal ja rangluu all (rangluu alune t. s.) õlavarde,
kus ta seespool õlavarre-luud lihaste vahel küünarnukini tungib.
Seal haruneb ta kodara- ja küünratuiksooneks, mis
vastavate luude ees asetsevad. Sõrmedesse annavad nimetatud
sooned hulga harusid. Küünratuiksoone puls on kergesti tunda
randme ligidal. Nimeta soone teine haru läheb unetuik-
soone nime all pähe (kahel pool kõri võib ta tuikamist
tunda), kus üks haru lihastes edasi haruneb, teine aga tungib
läbi peaaajuni, kus ta edasi haruneb. Vasemal poolel lähevad
aordist rangluu- ja unetuiksoon eraldi välja. Rinnaõõnes saadab
aort harud roiete vahele. Kõhuõõnes lähevad aordist harud
makku, maksa ja põrna (neil on ühine algus), kes-
ketesse, neerudesse jne. Niute kohal haruneb aort
kaheks, mille kumbki suur haru ühise niudetuiksoone
nime all edasi jäsemesse viib. Ühisest niudetuiksoonest viib
haru vaagnas asetsevatesse organitesse (põis, pärasool jne.).
Suurem haru (väline niude-tuiksoon) läheb kubemekünnapu alt
läbi reide, kust ta taha põlvepesa poole tungib. Edasi haruneb
ta pea samuti kui käe sooned.

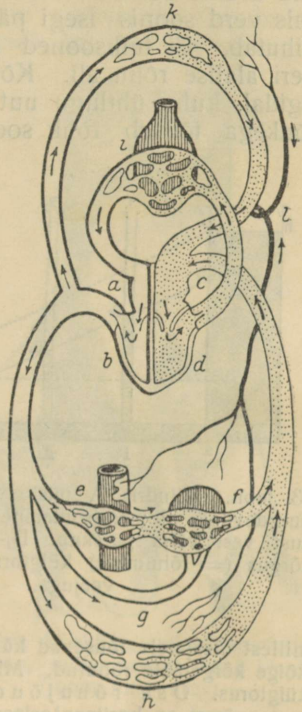
Nagu eelnevast kirjeldusest näha, voolab vasemast vatsa-
kesest väljatõugatav veri igale poole kogu kehasse, välja arva-
tud ainult kops. Iga tuiksoon haruneb ikka ja ikka edasi, nii
et viimaks tekivad õige peenikesed soonekesed — **kapillaarid**
ehk **juussooned**. Nende läbimõõt on osalt nii väike, et kõige
peenemaist punalibleid ainult koomale surutult läbi võivad tun-
gida. Kapillaaride seinad on moodustatud õige õhukesist rakest
ja seepärast võib kapillaares toimuda elav ainevahetus kudede
ning vere vahel. Ainevahetust seal hõlbustab veel aeglane
verevool. Kapillaarid võivad aheneda. Kapillaaride võrk on
väga tihe. Ühe ruutmillimeetri inimese lihase lõigu kohta tuleb
2000-de kapillaari ümber; kogu lihastiku kapillaaride pikkust
hinnatakse 100 000 km. peale, pindalaga 6 300 m²! Meresea
puhkavas lihases on avari 200, tegevus aga 2 500 kapillaari!

Juussoonist läbi tungides jõuab veri veenesse ehk tõmb-
soonisse. Väikesed tõmbsooned liituvad järjest ühte, mille taga-
järjel tekivad suuremad tõmbsooned. Suured tõmbsooned aset-

sevad tuiksoonte lähiduses, sageli paarina ühe tõmbsoone kohta. Jalgadest ja kõhust kogunevad kõik tõmbsooned ühte — alumiseks õonestõmbsooneks, mis avaneb paremasse kotta. Peast ja kätest tulevad tõmbsooned ühinevad ülemiseks õonestõmbsooneks, mis ka paremasse kotta avaneb. Nii siis vasemast vatsakesest välja pumbatud veri voolab

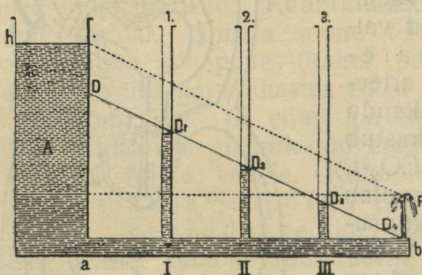
artere mööda kehasse laiali, tungib igal pool läbi tiheda kapillaaridevõrgu ja tuleb tõmbsoonte kaudu tagasi südamesse — paremasse kotta. Seda vere käiku vasemast vatsakesest läbi kogu keha paremasse kotta nimetatakse suureks vereringiks (92. joon.) Paremasse kotta jõudnud veri tõugatakse koja kokkutõmbel paremasse vatsakesse. Edasi surutakse nüüd vatsakeste kokkutõmbel veri paremast vatsakesest kopsu arteride (neis venoosne veri!) kaudu kopsudesse. Kopsudes rikastub nüüd veri hapnikuga ja eritab CO₂-t. Kopsudest tagasitulev veri voolab vasemasse kotta nelja kopsutõmbsoone kaudu, kust ta vatsakesse tõugatakse. Vasema vatsakese kokkutõmbega algab veri uuesti teekonda läbi kogu keha, kusjuures ta on siis hapnikurikas. Vere käiku paremast vatsakesest läbi kopsude tagasi vasemasse kotta nimetatakse väikeseks vereringiks. Õieti moodustavad suur ja väike verering kokku ühe terviku: ainult mõlemad ringid läbi käies jõuab veri tagasi lähtekohta. Väikeses vereringis on tuiksoonis — tõmbsoone-line (hapnikuvaene) — ja tõmbsoonis tuiksooneline veri.

Vere surumine läbi kopsude või keha nõuab võrdlemisi suurt jõudu ja vastavalt sellele on vatsakesil seinad palju paksemad kui kodadel, mis vere ainult kojast vatsakesse tõukavad. Samuti nõuab vere läbi kogu keha surumine (vasem v.) suuremat jõukulu kui läbi kopsude tõukamine. Vastavalt sellele ongi vasema vatsakese seinad märksa paksemad kui parema vatsakese omad.



92. joon. Vereringimise skeem
a: vasem koda. b: vas. vatsake.
c: parem koda. d: par. vatsake.
e: seedekanal, f: maks. g: maksaarter.
h: alumise kehaosa juusooned. i: kops. k: ülemise kehaosa juusooned. l: rinnamahlajuha.

Vere liikumine soontes. Vaatamata sellele, et süda tõukab verd soonisse hoogude kaupa, ei voola veri neis mitte järskude tõugetena ehk tüksatuste moodi edasi, vaid ena m - vä hem **ühtlaselt** ja seisakuteta. Süda purskab vere tuiksoonde, mis juba ennegi on verrega täidetud. Et soone seinad on **elastilised** ehk venivad, otsekui kummtorul, siis surub südamest välja tõugatud veri soone seinad **pinevile**, laiemale. Pingule surutud soonte seinad rõhuvad verele vastu ja see rõhk ongi tegur, mis verd soonis isegi pärast südame tüksatust ühtlaselt edasi kihutab. Et tuiksooned on verd alaliselt pinevil täis, siis on veri alalise rõhu all. Kõige suurem on vere rõhk aordis südame ligidal, kuhu ühtlugu uut verd juurde pumbatakse. Iga südame tõukega tõuseb rõhk soonis (vere juurdetulekust!). Südamest eemal kahaneb rõhk, eriti peenemais arteeres, sest osa rõhujõudu kulub hõõrumise peale, mis toimub vere ja soonte seinte vahel. Rõhk tuiksoonis tekib nii siis sellest, et süda surub verd neisse suure jõuga, kus siis veri voolab madalama rõhuala poole.

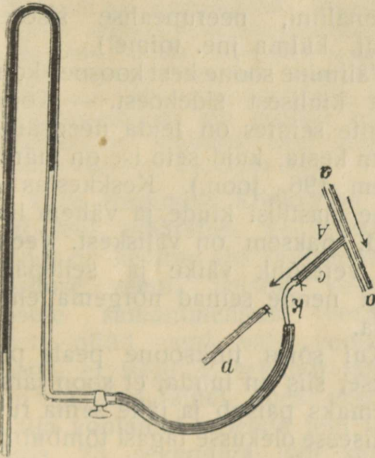


93. joon. Silindris A püsib vesi ühel pinnal (juurdevool). ab : horisontaalne toru. b : avaus, kust vesi välja purskub. D, —D₂ : veepinna kõrgus (= rõhuline) külgtorudes (1—3). f : veejuga.

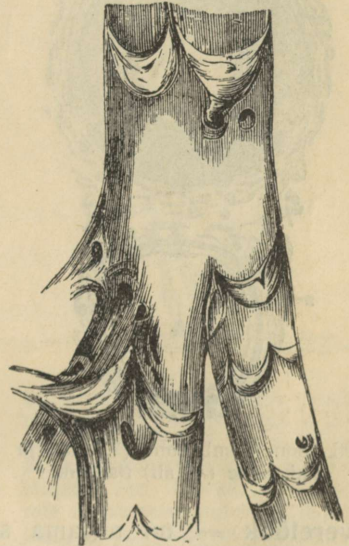
milllest ülespoole tõusevad külgtorud. Külgtorus, mis silindri A ligi, on vesi kõige kõrgemale rõhutud. Mida kaugemal A-st, seda madalamal seisab vesi külgtorus. Osa rõhujõudu kulub vee voolamisel **hõõrumise** peale ja seepärast on horisontaalses torus A ligidal rõhk suur, väljavoolu otsa ligidal aga väike. Kahanenud rõhu tagajärjel ei tõuse vesi silindrist eemalolevais külgtorudes nii kõrgele, nagu silindris. Katsed mitmesuguste torudega on näidanud, et **peenikestes torudes kahaneb rõhk kiiresti**: hõõrumine on neis suur.

Sooni elavhõbeda-manomeetriga (94. joon.) ühendades on leitud, et aordis rõhk kuni 180 mm elavhõbeda järgi ulatub, kapillaarides on ta aga kõige enam 40 mm. Vertikaaltorus, mis soonega ühendatud, tõuseb veri üle 2 meetri kõrgele (13,4×180 mm = 2,4 m : veri on elavhõbedast ümmarguselt 13,4 korda kergem). Kui tuiksoon katki lõigatakse, siis purskub sealt veri suure rõhu tagajärjel joana kõrgele üles. Tuiksoone haav on seega eriti kardetav, sest suure rõhu ja kiire voolu tagajärjel ei saa veri haaval hüübida, nii et ta selle suleks.

Peenikesis tõmbsoonis ehk veenes on vererõhk eriti väike. Suuremais tõmbsoonis positiivne rõhk isegi puudub. Miks siis voolab veri veenes? Peenikesis tõmbsoonis olev rõhk on siin üks tegur. Teiselt poolt võib südant vaadelda kui **imevat** ehk **hõrenduspumpa**, mis verd enesesse tagasi imeb. Pärast koja kokkutõmmet algab südame sisseimev tegevus. Süda otsekui kistakse laiemale (rinnaõõnes oleva negatiivse rõhu tagajärjel, millest jutt tagapool) ja seepärast avaldubki sisseimemine, mis on küll võrdlemisi nõrk, kuid küllaldane verevoolu püsimiseks. Sissehingamise ajal, millal rindkere laieneb, kistakse südant tuge-



94. joon. Manomeetri abil vererõhumise määramine. c: arter. p: tema lahtilõigatud ots. k: arteri kinnitatud toru. Nool näitab verevoolu suunda.

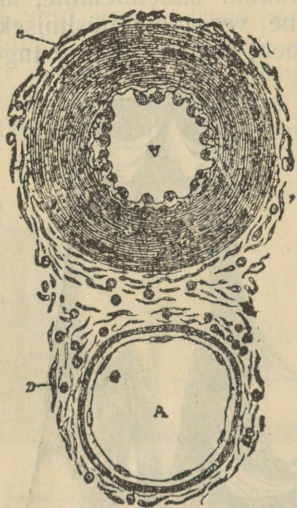


95. joon. Lõhkiõigatud väline niude-tuiksoon, mille seintel näha klapid (loomulik suurus).

vamani laiemale (rinnaõõnes kahanenud rõhk). Sellepärast on siis sissehingamise ajal südame sisseimemisvõim suurem kui muidu. Vatsakeste kokkutõmbeil tekib surve ja seega on süda korruga ka **suruv pump**. Peale kirjeldatud tegurite on **tõmbsoonis** vere edasiliikumisele abiks veel **klapid** (95. joon.). Need poolkuujad klapid on kolme kaupa sooneseinale kinnitatud ja nad lasevad verd ainult südame poole voolata, mitte aga tagasi. Seepärast võib lihaste tegevus ehk töö, kehale lühiaegne surumine, masseerimine jne. tõmbsoonis verd edasi suruda ja seega verevoolu elustada.

Nagu selgus, on tuiksoonis veri suure rõhu all. Rõhule vastupanuks on **tuiksoone seinad** tugeva ehitusega, **paksud**.

Soone sein koosneb kolmest kestast. Seesmine, verega kokku-
puutuv kest on moodustatud lamedaist rakkudest, mis ühe kihina
soont seest vooderdavad. Sisekest on õige sile, nii et hõõru-
mine on võimalikult väike. Keskmine, kõige paksem kest koos-
neb silelihaseist, mille väline osa on moodustatud pikuti,
seesmine — ringi ümber soone asetsevaist lihasrakkudest. Kesk-
kestas leiduvad peale selle veel **elastilised** ehk venimisvõime-
lised kiud, mis pinevile surutud



96. joon. Tõmbsoone (V, ülal) ja
tuiksoone (A, all) ristilõik.

soont mehaaniliselt koomale kisu-
vad (võrreldav kummtoruga¹⁾).

Ringlihaste abil võivad sooned
aheneda, koomale tõmbuda (näit.
adrenaliini, neerupealise sisesek-
reedi, külma jne. toimetel).

Välimine soone kest koosneb kohe-
vast kiulisest sidekoest. — Tõmb-
soonte seintes on leida peedsamad
kolm kesta, kuid sein ise on märksa
õhem (96. joon.). Keskkestas on
vähe elastilisi kiude ja vähem liha-
seid, paksem on väliskest. Veenes
on vererõhk väike ja sellepärast
ongi nende seinad nõrgema ehitu-
sega.

Kui sõrm tuiksoone peale pan-
nakse, siis on tunda, et soon järsku
laiemaks paisub ja jälle sama ruttu
endisesse olekusse tagasi tõmbub: ta
tuikab. Soone tuikamine — **pulss**,

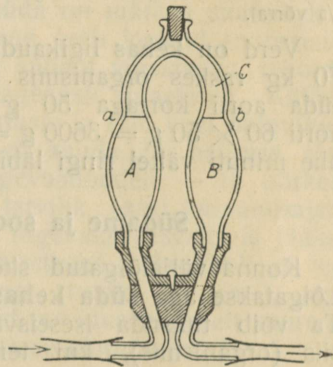
verelõök — on niisama sage kui südame tuksumine (sellest
sõltubki). Ent laienemine ehk pulsi laine, mis tuiksoont mööda
südamest eemale liigub, **ei ole seotud verevooluga** soones.
Visatakse kivi vette, siis liiguvad lained kukkumiskohalt kiiresti
eemale, kuid vesi ei voola nii, nagu lainete järgi väliselt
paistab.

Pulsilainet võib järele aimata kummtoruga. Võetakse õhuke pikk toru,
suletakse kindlasti esialgu üks ots, valatakse siis vett täis ja nüüd suletakse
ka teine ots. Kui nüüd järsku suruda või lüüa (näit. peoga) teisele toru-
otsale, siis võib vastasotsal selgesti pulsilaadi lainet tunda (sõrmed torule!).
Kummtorule löögiga tõugati vesi lainena löögikohalt eemale: toru suruti seal
laiemale, jämedamaks. Võib märgata, et kummtoru ei jää jämedamaks löögi
naabruses, vaid jämedus ehk laienemine läheb lainena kiiresti edasi kuni teise

1) Kinni suruda nahaalune veen (küünarvarrel või käeseljal) ja siis sealt
verd edasi tõugata südame poole, kuni hargnemiskohani. Pääseb veri tagasi?
Katse selguseks võib õlavarre ümbert kinni köita. 2) Kuidas tuleb masseeri-
misel arvestada tõmbsooni, s. o. mis suunas tuleb masseerida?

otsani. Muidugi ei saa ju säärases kummtorus vesi vabalt edasi voolata, sest ta otsad on suletud, vaid mööda toru liigub ainult toru laienemine — laine. Samuti on lugu veresoones: pulsiline ei ole seotud verevooluga. Pealegi on otsesed katsed tõestanud, et **pulsiline levib mööda sooni palju kiiremini kui veri soonis** voolab (pulsiline kiirus kuni 10 m/sek, verevoolu kiirus arterides kuni 50 sm, veenes 20 sm sekundis!).

Verevoolu kiiruse määramiseks tarvitatakse loogakujulist riista, verekella (97. joon.). Üks verekella samm tas täidetakse õliga, teine füsioloogilise lahusega või vereseerumiga. — Verekella otsad köidetakse lahti lõigatud soone otsadesse, nii et veri rõhub lahuse või vereseerumi verekellast, mille ruumala teada, veresoone. Järele vaadates, kui kiiresti see toimus, ja teades, kui jäme oli soon, võib arvutada, kui kiiresti voolab veri selles soones. (Vere-kella alusosas on seadeldus, mis lubab teda ümber pöörata ja mis võimaldab katset laiendada pikema aja peale — täpsemalt aja määramiseks). Arusaadavalt on säärasel viisil võimalik määrata verevoolu kiirust suuremais soontes, kuhu võimalik verekell sisse köita. Juussoonis võib verevoolu kiirust määrata mikroskoobi abil (näiteks konna ujumisnahas, keskmeis, isegi inimese nahas vastavate meetodite abil).



97. joon. Verevoolu-kell. Nooled tähistavad verevoolu suuna. A ja C: alul õliga täidetud, B: füsioloogilise keedusoolalahusega või verega täidetud osa. Laiend B võib pöörata A asemele, niipea kui ta õliga täitunud (kriipsutatud osa keskel, pööramisseadis).

Vere ringimise **kiirust** on ka sel teel määratud, et teatavat ainet on süstitud ehk injitseeritud hobuse veeni. Teisest, vastaspoole samanimelisest veenist lasti nüüd verd välja voolata. Leiti, et isegi 23 sekundi järele on süstitud ainet ühes verega välja voolanud. Seega tegi veri juba 23 sekundiga läbi suure ja väikese vereringi ning jõudis tagasi veeni, kuhu ainet süstiti. Kuid ainult osa verd võib nii kiiresti voolata. Teatavasti voolab

kõige kiiremini see osa vedelikku, mis toru keskel, nagu ka keset jõge vool kiirem. Toru seina ligi on liikumine aeglasem, sest toimub hõõrdumine vastu toru seina.

On leitud, et veri voolab kõige kiiremini tuiksoonte alul ja tõmbsoonte lõpul, kõige aeglasemalt juussoontes. Soonte harunemise korral suureneb nende läbimõõdu kogusuurus: harud on kokku ikka jämedamad kui tüvi. Tähendab, kui näit. aort on alguses 1 □-sm. läbimõõdus, siis tema harude kogulaius suureneb alata, kuni ta kõige suuremaks saab kapillaarides, mis on kõik kokku umbes 400 korda laiemad. Aorti voolab üldiselt sama ajaga niisama palju verd sisse, kui sealt välja läheb, nii et ta ei jää tühjaks ega täitu ülearu. Seepärast peab sama ajaga laiast kui ka kitsast kohast ühevõrra verd läbi

minema. Et aga laias kohast sama ajaga niisama palju verd läbi peab minema kui kitsast, seepärast peab laias kohas veri aeglasemalt voolama, nagu jõeski vesi laias kohas aeglasemalt voolab. Aordis kui kitsas alas on verevoolu kiirus umbes 40 sm, juussoontes aga kõigest 0,5—0,8 mm sekundis.

Töö, mida süda verd pumbates ööpäeva vältel ära teeb, on kaunis suur. Iga kokkutõmbega tõukab vasem vatsake enesest 50 kuni 100 gr verd niisuguse jõuga välja, et see 2 meetri kõrgusele tõuseks. Ühe minuti vältel heidaks süda 60×50 kuni 100 g = 3000 kuni 6000 g = 3 kuni 6 kg verd kahe meetri kõrgusele. Päeva jooksul viskaks ta 2 meetri kõrgusele 4320 kuni 8640 kg verd, see on 8640 kuni 17080 kilogramm-meetrit. Et peatöö teeb vasem vatsake, siis on kogu südame töö ainult vähe suurem (ligikaudu $\frac{1}{5}$ võrra).

Verd on kehas ligikaudu $\frac{1}{20}$ või enam keha raskusest, nii et 70 kg raskes organismis on vähemalt 3,5 liitrit verd. Tõukab süda aorti korraga 50 g verd, siis ühe minuti vältel voolab aorti 60×50 g = 3600 g = 3,6 kg. Seega teeb veri ümmarguselt ühe minuti vältel ringi läbi kogu keha.

Südame ja soonte tegevuse korraldus.

Konna väljalõigatud skeletilihas iseseisvalt kokku ei tõmbu. Lõigatakse aga **süda kehas välja**, siis **tuksub** süda ikka **edasi**. Ta võib tuksuda iseseisvalt, skeletilihas aga tõmbub kokku siis (organismis), kui temani jõuab erutumus erku mööda. Südame iseseisev tuksumine on seotud tema lihase erilise ehitusega: isegi ilma erkudeta südameosad võivad iseseisvalt, ilma väliste ärritusteta tuksuda. Et südame lihasrakud üksteisega harude kaudu seotud, siis võib neis erutumus kergesti levida ilma ergukavatagi (erutumus tekib erilisises rakes).

Südame tegevus sõltub siiski ka ergukavast. Südamel on **oma erkkond**, ergurakkudest koosnevate tänkudega ja ergu-põimikuga. Peale selle on süda ühenduses veel väljaspoolt tulevate erkudega. Kehalise töö ajal on tarvis lihasesse rohkem verd juhtida ja siis tuksub süda kiiremini ning tõukab ka korraga kuni mitu korda rohkem verd vatsakesist arteritesse. Südame tegevuse kiirustamiseks või viivitamiseks, kokkutõmbepõhju suurendamiseks või kahandamiseks, erutumuse levimise ja ärritatavuse suurendamiseks või kahandamiseks — selleks ongi toimimas väljaspoolt, tsentraalnärvisüsteemist tulevad ergud, nii et süda töötab väljast tulevate erutumuste mõjul **organismi tarviduste kohaselt**.

Kiirustavad südame tuksumist kiirustajaerku mööda (sümpaatilisest ergukavast) tulevad erutumused, viivitavad uitergu (n. vagus, mis peaaugust tuleb) kaudu tulevad erutumused.

Väliste erkude kaudu levib erutumus südamesse ka suur-ajust niinimetatud hingeliste elamuste korral, mis tema

tegevust kiirustavad (rõõm) või viivitavad ehk pärsivad (ehmat-
tus, hirm, ka löök kõhu peale).

Kehalise töö ajal tuksub süda kiiremini ja tõukab 3 kuni 4 korda rohkem verd ühekorraga aorti. Seega on südame töö kehalisel tegevusel märksa suurem kui tegevusetusel. Nagu skeletilihaste tugevamaks kujunemiseks on tarvilik pingutavam töö, niisamuti on lugu südamega. Kehaliselt vähetegevail inimesil jääb süda võrdlemisi nõrgaks ja väikeseks. Võidujooksu-
hobuse süda kaalub 2—3 või enamgi korda rohkem kui päris vaba hobuse süda. Metsiku looma süda on märksa suurem kui vastava kodulooma oma, sest esimene teeb jooksul suuremaid pingutusi. Liiga suur pingutus võib südant vigastada: rekord-
sportlasil, maadlejail on süda väga sagedasti vigastatud. Küllalt tugev süda on tähtis suuremate pingutuste ja eriti veel **palaviku-
haiguste** ajal. On süda nõrk, siis ei suuda ta haiguse ajal küllalt vastu seista suurenenud tegevusnõudele — ta nõrkeb ning inimene sureb. Seepärast on tarvilik (eriti kasvamisajal) kehaline tegevus, nii et süda küllalt tugevaks kasvaks ja jääks, kuid tuleb hoiduda liiga suurist pingutustest. Harilikult ei tee suuremadki pingutused mingit raskust (trepist üles jne.), aga niipea kui süda ei suuda oma tegevust tarvidusekohaselt suurendada, tekib hingeldamine, tunduv südame-kloppimine jne.

Soontelihastegi tegevus sõltub erkude kaudu tulevaist erutumusest. Soontelihased on enam-vähem kokku tõmbunud erutumuste toimel, mis lähevad nendesse sümpaatilise ergu kaudu. Lõigatakse kodujänese kaelapealne sümpaatiline erk katki, siis laienevad ta kõrva sooned (erutumus ei pease soontelihasesse!). Kui aga kõrva poole viivat ergu otsa ärritada, siis tõmbuvad sooned jälle koomale. See tõestab selgesti, et erkude kaudu levivad erutumused sooni ahendavad.

Soonte laienemiselgi on tegevad erilised ergud. **Sooned laienevad tegevas organis**, nii et sinna rikkalikumalt verd voolab, mis hapnikku ja toitaineid toob ning tegevusel kiiresti tekkivaid kõlbmatuid aineid kõrvaldab.

Algab kehaline töö, siis voolab lihasesse rohkem verd, kuna aga siskonna sooned sellevastu ahenevad. Vastupidi, kui seedeorganid tegevusse astuvad, siis ahenevad veresooned lihaseis ja ajus. Jahedas ahenevad veresooned, nahk kahvatub ja ühenduses sellega on soojusekaotus nahakaudu vähem. Soojas laienevad veresooned nahas. Elavama ajutegevuse (mõtlemise, õppimise) ajal on verevool ajju suurenenud. Seepärast, kui on tarvis teha pingutavat kehalist tööd või **pingutavalt** õppida ja mõelda, siis ei ole kohane samal ajal koormata seedeorganeid, vaid alles pärast, puhkuse ajal süüa ja lasta töötada seedeorganeil. Suured spordilised pingutused tehaksegi tühja kõhuga. Linnud on rändamas harilikult tühja kõhuga.

Hingelised elamused mõjustavad veresoonegi (punastus häbitundmisel; soonte laienemine lihaseis hüpnootilul, kui talle sugereeritakse, et vastavad lihased on tegevad, aga tõelikult ei tee liigutusi).

Immuniit.

Valgelibled ei ole ainukesed bakterite vastu võitlejad. Veres on osalt olemas või sinna tekivad mõnesugused ained, mis baktereid hävitavad ja mürke kahjutuks teevad. Ei haigestu loom teatavate bakterite mõjul tema loomuomaduste tagajärjel, siis on see **kaasasündinud immuniit**. Nii näiteks ei haigestu kana kangestustõve (*tetanus*) ja põldhiir roiskveresuse (koduhiir haigestub!) bakterite toimel. Organism võib aga ka immuniiteedi (ohustumatuse) omandada. Kui inimene põeb näiteks rõugehaigust, siis tekivad tema veres ained-vastukehad, mis haiguse baktereid surmavad. Need ained jäävad pärast rõugehaigust mitmeks aastaks verre ja seepärast ei haigestu inimene, kes rõugehaiguse läbi põdenud, harilikult teist korda enam mitte, vähemalt mitme aasta vältel on ta immuunne. Säärane immuniit on **omandatud**, ta on pealegi omandatud **loomulikul teel** — haiguse läbipõdemise kaudu. Kuid immuniiteeti võib ka **kunstlikul teel omandada**. Selleks tarvitseb nõrgendatud baktereid, kes ainult nõrga haiglase oleku tekitavad, kehasse juhtida. Nende mõjul hakkab verre ainet kogunema, mis hävitab baktereid ja nii omandataksegi kunstlik immuniit. Nõrgendatud bakterid juhitakse organismi niinimetatud **kaitsepoogete** teel. Üldiselt tuntud ja sunduslikud on kaitsepooked rõugete vastu. Kaitsepoogete järgi valmistab organism ise aktiivselt vastukehasid bakterite hävitamiseks või nende mürkide (toksiinide) kahjutuks tegemiseks (antitoksiinid jne.). Baktereist tekitatud tõvede vastu võideldakse ka nii, et ei jääda ootama organismi enesekaitset, vaid süstitakse tõbisele vastava haiguse vastukehasid (**passiivne immuniseerimine**). Nii näiteks süstitakse difteriidi korral vastumürke. Tähendatud vastumürk valmistatakse sel teel, et hobuse süstitakse mitmel korral difteriidi mürke (*toksiin*), esialgselt vähe, viimaks rohkem. Selle mõjul tekivad hobuse veres vastumürgid (antitoksiinid), mis difteriidi bakterite mürgi kahjutuks teevad. Osa hobuse verd lastakse välja ja eraldatakse temast seerum, mida tõbisele süstitakse.

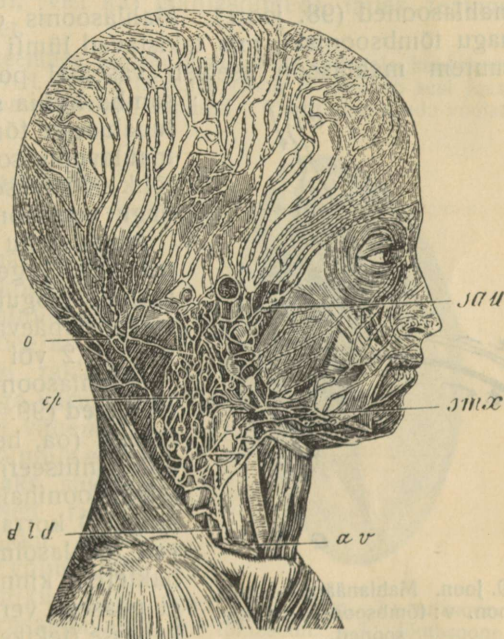
Veri valmistab väga mitmekesiste ainete ja organismide vastu vastukehi (bakterite, valkainete, paljude orgaaniliste mürkide vastu). Organismile võõraste **valkude vastu** tekivad vastukehad, mis nad verest kõrvaldab. Kui näiteks kodujänesele süstitakse koera verd, siis kodujänese veres tekivad vastukehad, mis koera punalibled lahustavad (hemolüüsivad) ja plasma valgud sadestavad. Kui aga loomad on ligidases suguluses, siis ei teki nende vere vastastikusel süstimisel vastukehi: vere valkained ei ole teineteisele võõrad. Näiteks niihästi kui ei teki vastukehi, kui süstitakse inimesesarnastesse ahvidesse inimese verd. Sääraste süstimiste teel võib tõestada, kas on teatavate loomade vahel **veresugulus** olemas või mitte.

Haiguse tekitajad bakterid võivad mitmel viisil kehasse sattuda: veega, toiduga, mustade käte küljest, läbi katkise naha, isegi väikesemagi kriimu kaudu, täide hammustuse kaudu, kopsude, suu ja soolte kaudu jne. Endisel ajal, kui ei tuntud baktereid ja nende vastu võitlemise viise, sattusid lõikuste ajal bakterid haavadesse, mispärast need sagedasti mädanema hakkasid. Nüüd tehakse lõikusi riistadega ja kätega, kust küljest bakterid hävitatud. Riistad keedetakse ära, käed pestakse puhtaks sublumaadi-veega. Bakterite hävitamise otstarbel kuumutatakse nuga tuel ja hõõrutakse nahka piiritusega rõugete panemisel. Bakterite hävitamist nimetatakse desinfitseerimiseks.

Baktereid eriliselt karta ei ole siiski küllalt põhjust: on võimata luua olukord, kuhu inimorganismi haigusetekitajad bakterid ei pääseks (tegelikus elus). Palju tähtsam on hoolt kanda selle eest, et tervist kuidagi viisi ei nõrgendataks.

Nõrgendamata tervise korral suudab organism bakterite vastu võidelda suure edu- ga, isegi nii edukalt, et haigestumine on nii hästi kui võimata. On kindlaks tehtud, et näi-

teks tiisikusebakterid on niihästi kui iga inimese (lapseas eriti) kopsudes pesitsenud. Ent sellele vaatamata organism võib bakterid. Kui aga end nõrgendatakse ebakohase toitumisega, kurnava tööga, halva õhuga, mürkidega (alkohol, tubakas), siis suureneb vastuvõtlikkus ning inimene võib kergesti saada selle või teise tõve ohvriks. Eriti tähtsal kohal seisab tervise nõrgendamine ebakohase toitumisega (vitamiinipuudusel vastuvõtlikkus nakkushaigusile suurem).

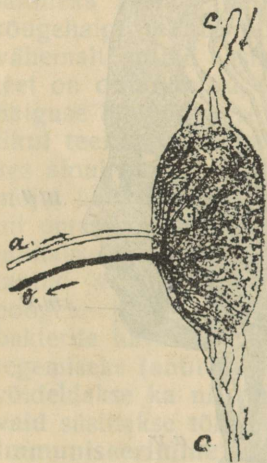


98. joon. Pea mahlasooned ja -sõlmed.

Mahl ehk lümf.

Et kapillaaride seinad koosnevad ühest rakkudekihist, siis otsekoheselt ehk vahetumal teel saavad verest toitu ja eritavad

kõlbatuid aineid verre ainult kapillaaride seinarakud. Rakud, mis juussoonte seinte vahel asetsevad, saavad toitained kaudselt, difusiooni teel või jälle lümfist ehk mahlast. Lümf ehk koe-mahl on läbi juussoonte seinte tunginud vere-plasma, kus leiduvad ka valgelibled (lümfikehad). Mahl liigub alguses rakkudevahelises ruumes. Mahl võtab rakkudest vastu elutegevusel kõlbatuks muutunud ained, laguained, ja kannab toitained rakkude juurde. Rakkude vahedest voolab mahl väikesisse mahlasoonisse, mis järjest ühinedes tekitavad suuremad mahlasooned (98. joon.). Mahlasoonis on samasugused klapid, nagu tõmbsooni, mis takistavad lümfi tagasivoolamast. Kõige suurem mahlasoon asetseb vasemal pool sisikonna taga lülisamba ligi ja suubub rinnaõõnes ranguualusesse tõmbsoonde (92. joon.), kus mahlavoolu soodustav negatiivne vererõhk. Mahlasooni on igal pool kehas, nagu veresoongi.



99. joon. Mahlanääre a: tuiksoon. v: tõmbsoon. c: mahlasooned.

Mahlavoolu kiirust on kaunis raske määrata. Tegevus organis tekib rohkem mahla. Kogutud andmete alusel arvatakse ööpäeva vältel voolavat tõmbsoonde 2 või enamgi liitrit mahla.

Mahlasoonete teel asetsevad **mahlanäärmed** (99. joon.) mitmesuguse suurusega (oa, hernetera suurused) arendid. Infitseeritud haava ja mõne infektsioonihaiguse (baktereid tekitatud haiguse) korral paistetavad ehk tursuvad mahlasõlmed üles. Neis peetakse baktereid kinni ja hävitatakse, et nad ei peaseks verre ja seega laiiali kogu kehasse (tekiks veremürgistus!) Mahlanäärmeis tekivad **valgelibled** (lümfotsüüdid), kust nad ühes mahлага verre kanduvad.

Sagedasti on mahlasõlm oakujuline. Tal on kest, kooraine ja säsi. Mahlasõlme minev mahlasoon tekitab seal laiemad kohad — siinused ehk urked. Peale selle voolab mahlasõlme tuiksoon, mis seal kapillaareks haruneb ja viimaks veenina mahlasõlmest välja läheb.

Põrn. Vasemal kõhuõõnes mao, neeru ja vahelihase vahel asetseb põrn, 12—15 sm pikk nääre (100. joon.). Põrnas tekivad **valgelibled** ja seepärast on põrnast minevas tõmbsoones märksa rohkem valgeliblesid kui põrna tuiksoones. Põrn etendab märgatavat osa ka punaliblede lagumisel ja tekkimisel (eriti arenemiseas). Pärast põrna väljalõikamist tekib verekaotuse korral uus veri aeglaselt. Põrnas laguvate punaliblede **raud** korjub põrna ja tarvitatakse uute punaliblede tekkimiseks. Peale vere-

libelede tekitamise on põrna ülesandeks veel olla **vere varukohaks**. Kehalise töö ajal juhitakse põrnast verd ringvoolu selteel, et põrna kapslis olevad lihased kokku tõmbuvad ja vere välja suruvad, nii et põrn jääb märksa vähemaks. Muidu on põrnas verevahetus väga aeglane. Peale kehalist tööd ehk liikumist väheneb põrn ka verekaotuse korral, saates oma varu vere ringvoolu. — Põrna väljalõikusel ei ole siiski iseäranis halbu tagajärgi: siis hakkavad teised organid elavamalt töösse, näit. verd valmistama (luuüdi, vist ka mahlasõlmed), täites teatava määranisega põrna aset.

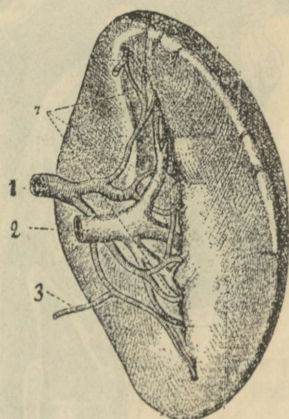
Põrna ehitus on kaunis keeruline, sarnane mahlasõlme ehitusele, kuid tema siinuseis ei voola mahl, vaid veri. Põrna läheb tuiksoon ja haruneb seal juussooniks, millele järgnevad laiemad ruumid, siinused. Tõmbsoone kaudu voolab veri põrnast välja.

Hingamine ja hingamisorganid.

Lihtsamad ning vähemad loomad võtavad hapnikku vastu kogu kehapinnaga (ainuraksed, ainuõõssed, lameussid) ja sealt diffundeerub ehk seitib hapnik seesmistegi rakkude juurde. Sel teel hapnikuga varustamine on võimalik ainult vähemais organismes: seitimine toimub aeglaselt ja seepärast ei saaks suuremas organismis seesmised rakud tarvilikul määral hapnikku. Elavama hapnikuga varustuse võimaldab vereringimine, mis hapniku igale poole laiali kannab. Arusaadavalt peab aga verel olema soodus võimalus hapniku vastuvõtuks, et seda siis edasi toimetada. **Elavam hapniku vastuvõtt võib toimuda suuremate pindalade kaudu** ja selleks ongi organismel moodustatud lõpused, traheed või kopsud, kus veri suurel pindalal kokku puutub veega või õhuga ning vastu võtab seal leiduvat hapnikku.

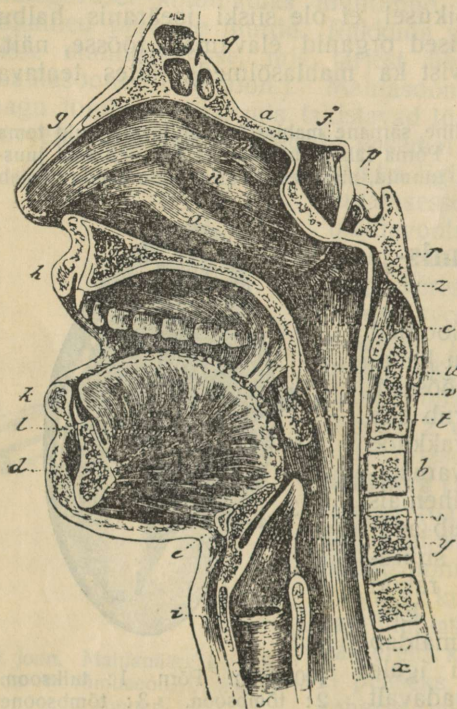
Organ, kus inimorganismi hapnikku vastu võetakse, on kops. Kopsu võib võrrelda õõnsa, vaheseintega soppidesse jaotatud kotiga, kuhu hingamise ajal õhk sisse tungib ja sealt varsti jälle välja tõugatakse. Õhk tungib kopsudesse nina ja hingetoru kaudu.

Ninaõõnes asetsevad voldikujulised **karbikud** (101. joon.), mis niiske limanahaga kaetud. Karbikute vahedest läbi tungides, puutub seal õhk limanahaga kokku. **Tolm**, mis õhus olemas, jääb pea kõik limanaha külge. Karbikute laia pin-



100. joon. Põrn. 1: tuiksoon. 2: tõmbsoon. 3: tõmbsoone ühendusharu. 7: põrna värat.

naga kokku puutudes **soojeneb** õhk, nii et kopsudesse pääseb ainult soojendatud õhk. Kui läbi suu hingata, siis satub kopsudesse jahedam ja tolmusem õhk. Ninaõõnest läheb õhk tagant üle suulaepurje kurku, sealt edasi **hingetorusse**, mis asetseb söögitoru ees. Hingetoru alguses eespool seisab kõripealis (101. joon.),



101. joon. Ninaõõs ja kurk. m, n, o: karbikud. c: suulaepuri. y: kõripealis. l: keel. t: mandel. z: Eustachio- ehk kuulmetõri. q; otsmikuluu urge. b: lüli. u, v: eesmine ja tagumine suulae kaar.

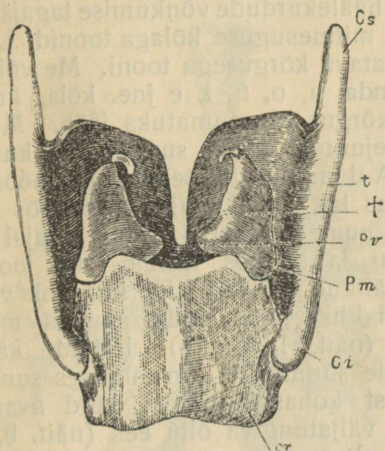
mis hingetoru neelamise ajal kinni katab, nii et toit ei pääse sinna sisse.

Kõripealis on limanahaga kaetud kõhr. Hingetoru koosneb kõhrringidest, mis üksteisega elastilise sidekoega ühendatud. Hingetoru ülemises osas on kõhredel ise-sugune kuju. Nad moodustavad seal kõri.

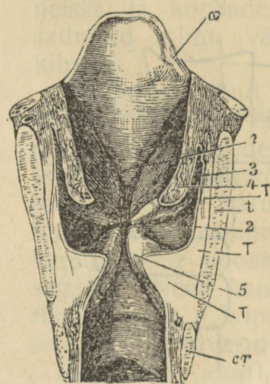
Kõri ja hää. Kõris kõige suuremat kõhre nimetatakse kilpkõhrekaks (102. joon.). Tema koosneb kahest neljakandilisest plaadist, mis ees kokku sulanud. Allpool kilpkõhre seisab sõrmusekujuline kõhr (sõrmuskõhr (102. joon.), mille jämedam osa tahapoole ulatub. Taga, sõrmuskõhrede peal, seisavad pilkkõhred (2 tükki). Kõik need kõhred on üksteisega sidemete ja lihaste abil ühendatud. Kummagi pilkkõhre küljest läheb 2 sidet kilpkõhre külge, üks kõrgemal, teine ma-

dalamal. Kumbki side on ümbritsetud lihaste ja limanahaga, mis moodustavad voldid ehk kurrud (103. joon.). Alumised voldid on **häälekurrud**, ülemised kõrivatsakese kurrud. Lihased võivad pilkkõhri, mille küljes häälekurrud kinni, tahapoole ja koomale tõmmata. Selle tagajärjel muutuvad häälekurrud pikemaks ja häälekurdude vahe — häälepilu — kitsamaks (joon. 104.). Pikemaks ja rohkem pinevile kistakse häälekurrud ka siis, kui kilp- ja sõrmuskõhrede vaheline lihas kilpkõhre ettepoole tõmbab (105. joon.). Pange käsi kõri külge ja laulge enne madalam, siis

kõrgem toon). Kui häälekurdude pinevil-oleku ajal kopsust õhku välja surutakse, siis hakkavad nad võnkuma, niisama kui puhumise ajal klarneti või suupilli keelgi. Nagu teada, tekitab lühike keel (kandlel, klaveril) kõrgema tooni kui pikk. Samuti tekitab

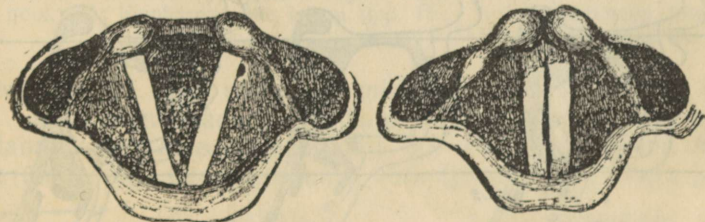


102. joon. Kõri kõhred, tagant. t: kilpkõhr ülemiste (Cs) ja alumiste (Ci) sarvedega +: pilkkõhr — (pm) kohale kinnituvad lihased, pv — häälekurrud. Cr: sörmuskõhr.



103. joon. Häälekurrud, kõri eesmine pool. a: kõrpealis. t: kilpkõhr. cr: sörmuskõhr. T: lihased. 2, 3: kõrivatsake, häälekurdude vahe. 4: kõrivatsakesekurd. 5: häälekurd.

ka lühike häälekurd kõrge hääle (lapsel kõrge hääle). Peale selle annab enam pinevile kistud häälekurd (nagu viulil või kandlel

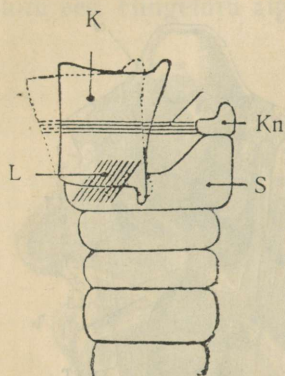


104. joon. 1: häälekurrud vabalt hingamise korral. 2: häälekurrud häälitsemise korral.

keel) kõrge tooni. Inimese häälekurd võib tekitada pingutuste ja pikkuse muutuse tagajärjel toone $2\frac{1}{2}$ oktaavi ulatuses.

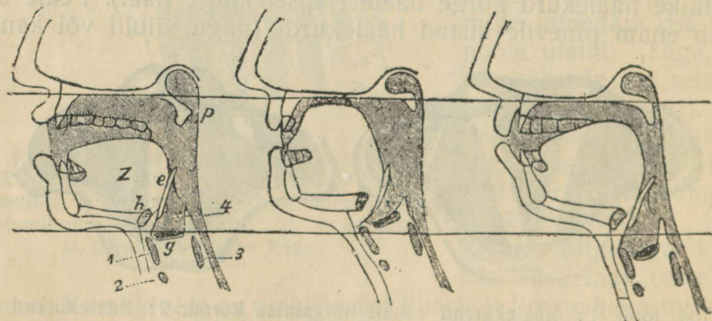
Nagu oreil või teistel puhkpillidel on torud, kus õhu võnkumine teataval viisil koondatakse ehk muudetakse, on lugu ka inimese hääleriistaga. Pealistoruks on siin kurk, suu- ja ninaõõs ja otsmikuurge (otsmikuluus). Kui õhk läheb läbi nimetatud kohtade,

siis põrkavad ka lained vastu seinu, mille tagajärjel muutub lainetus. Ööned tekitavad resonansi, suurendavad teatavaid ülempoone. Suukoobas võib oma kuju kergesti muuta, millega muutuvad ühes lainetuse tingimused. Sellepärast võivad ühesuguse häälekurdude võnkumise tagajärjel tekkida mitmesuguse kõlaga toonid. Lau-lame teatava kõrgusega tooni. Me võime talle anda a, o, u, i, e jne. kõla, kuna tooni kõrgus muutumatuks jääb. Muutub seejuures ainult suuõõne ja kurgu kuju. A-d lauldes või öeldes on suuõõs ja suuavaus lai, o ja u ajal on suuõõs kitsam ja huuled ligistikku, i ja e ajal on kurk lai ja suuõõs kitsas (106. joon.). Kaashäälikud tekivad siis, kui õhk voolab läbi kitsa pilu, mida suuõõs moodustab (näit. l, v, r, s). Paljude kaashäälikute sündimisel on alguses suuõõs teatavast kohast kinnine, kuid avaneb järsku väljatungiva õhu ees (näit. b, p, d, t, k, g).



105. joon. Kilp-sõrmuskõhre lihas (L), mis kilpkõhre ettepoole tõmbab (punktiline joon). h: häälekurd. K: kilpkõhr. Kn: piilkõhr. S: sõrmuskõhr.

Sosistades rääkimisel muutub pealistoru — kurk, suu ja ninaõõs, kuna häälekurred on tegevuseta.



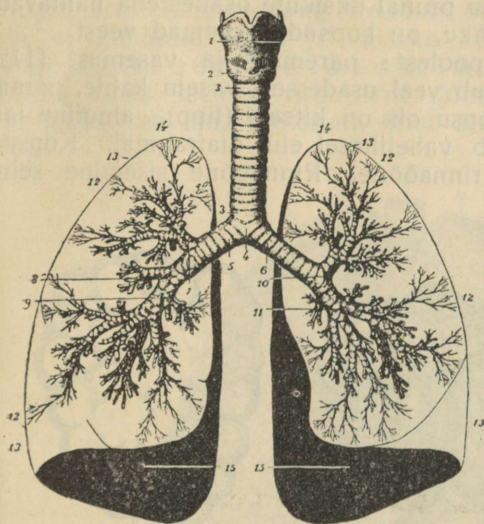
106. joon. Suu ja kurguõõs a, i ja u hääldamisel. Z: keel. P: suulaepuri. e: kõrpealis. 1—4: kõri kõhred.

Hingetoru ja kops. Hingetoru seisab söögitoru ees. Rinnatõõnesse jõudes jagub ta varsti kaheks haruks (107. joon.), mis kumbki teise kopsupoole sisse läheb. Kumbki haru jagub jälle edasi. Hingetorus on poolringi-kujulised kõhred, mille lahtised otsad tahapoole söögitoru vastu (108. joon.). Kõhrede vahel

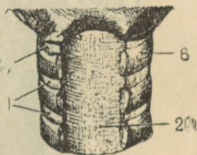
ja taga on hingetoru sidekoest ehitatud. Hingetoru-harudes on kõhred ringikujulised, välja arvatud peenemad harud, kus nad asetsevad seintel piklikkude kiibikestena. Kõhred on hingetorule ja harudele kaitseks kokkulangemise eest. Hingetoru ja tema harude sisemine sein on kaetud virve-epiteeliga (109. joon.), mis

neisse ja kopsudesse sattunud tolmu välja kihutab.

Hingetoru harud jäguvad lõpuks õige peenikesteks torudeks, kus ei ole enam kõh-reid. Nende harude lõpul asetseb üksikuist kambrikesist koosnev sagarik. Need kambrikesed on n. n. kopsu-sombud ehk alveoolid (110. ja 111. joon).

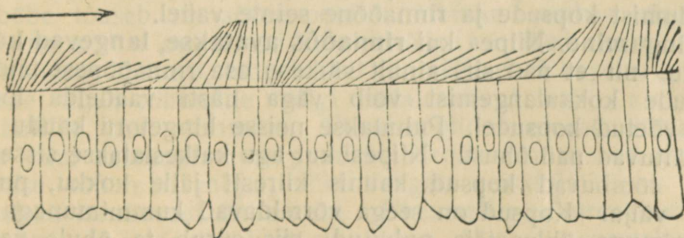


107. joon. Hingetoru ja tema harunemine. 1, 2: kilp- ja sõrmuskõhr. 3: hingetoru. 4: h-toru harunemiskoht. 5, 6: parem ja vasem haru. 7, 8, 9: ülemise, keskmise ja alumise sagara haru parem pool; 10, 11: ülemise ja alumise sagara haru vasem pool. 12: lõppharud. 14: kopsu tipp. 15: k-põhimik.



108. joon. Hingetoru ülemine osa, tagant. Naha kõhrede otsad (6), mille vahel sidekoene kile. 1: poolringide vaheline kile.

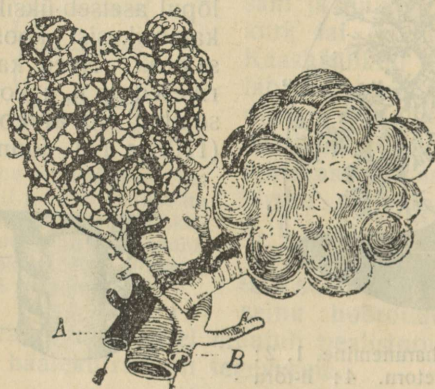
Alveoolid on väga väikesed, mispärast neid kopsus on õige palju. Kuid nagu teada, on väikesel asjal võrdlemisi suur pind. Nii ulatub kopsu alveoolide pindala 80—100 ruutmeetrini. Alveoolide ümber on tihe juussoonte võrk (joon. 111). Nagu juus-



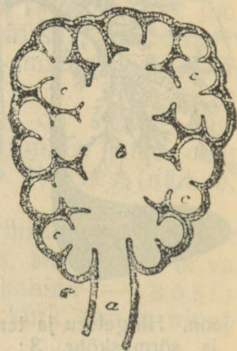
109. joon. Virve-epiteeli ripsmete lainetus (skemaatiliselt).

soonel, nii ka alveoolil on väga õhuke epiteel, nii et vere ja alveoolide vahel võib hõlpsasti toimuda gaaside vahetus. Vereliblel on, nagu nägime, ka suur pind, nii et gaaside vahetus on suure pindala peale jaotatud, mis võimaldab küllalt kiire vahetusprotsessi. Alveoolide sagarikud on üksteisega sidekoe abil seotud. Nad on kopsu pinnal üksikute osakestena nähtavad. Et alveoolid sisaldavad õhku, on kopsud kergemad veest.

Kops koosneb kahest poolest: paremast ja vasemast (112. joon.). Kumbki pool jagub veel osadesse: vasem kahte, parem kolme ossa. Ülemine kopsu ots on kitsas (tipp), alumine lai. Alumine kopsu osa lamab vahelihasel ehk diafragmal. Kopsud (ja süda) täidavad kogu rinnaõõne. Rinnaõõne sisemine sein,



110. joon. Alveoolide sagarik. A: tuiksoon. B: tõmbsoon. m: hingetoruharuke. n: alveoolide sagarik, millel näha kapillaaride võrk.

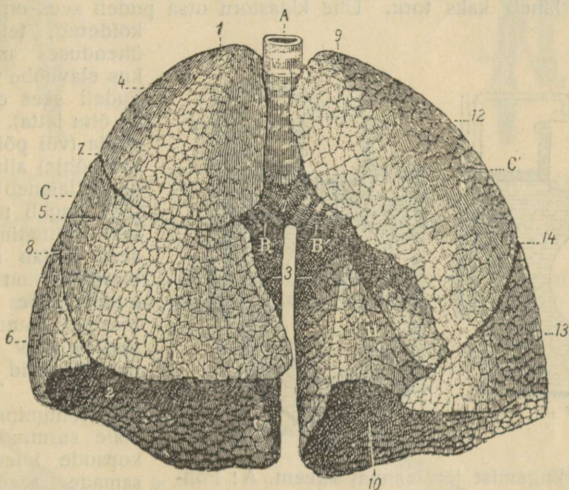


111. joon. Lõik läbi alveoolide sagariku. a: kopsutoruke. b: alveoolide sagariku õõs. c: üksikud alveoolid.

mis kopsu vastu puutub, ja kopsu välimine sein on kaetud sileda rinnakelmega (pleura). Kummagi kelme vahel on seroosne ehk vadakuline vedelik, mis on koosseisu poolest vereseerumi taoline (sisaldab valku, soolasid jne.). Seroosne vedelik vähendab hõõrdumist kopsude ja rinnaõõne seinte vahel.

Hingamine. Niipea kui rinnaõõs avatakse, langevad kopsud kokku, nii et nad siis ainult väikese osa rinnaõõnест täidavad. Kopsude kokkulangemist võib väga hästi vaadelda loomast välja võetud kopsudel. Puhutakse neisse hingetoru kaudu õhku, siis täituvad nad õhust. Niipea kui aga katkestatakse sissepuhumine, tõmbuvad kopsud kaunis kiiresti jälle kokku, puhudes õhku välja. Kopsud on seega võrreldavad kummimunaga. On kummimuna õhku täis puhutud, siis surub ta õhule vastu ja kipub koomale tõmbuma. Niipea kui õhule avaneb vaba tee,

surub kummimuna liigse õhu välja. Kopsukude on rikas elastilistest, venimis- ja kokkutõmbumisvõimelistest kiududest, otsekui kummist. Et kops järjest kipub kokku langema, siis tekib rinnaõnes **negatiivne rõhk** ehk imemine, mis seal alaliselt valitseb (5 mm Hg ümber, sissehingamisel rohkem). Kopsu kokkulangemistung avaldab oma mõju südamegi peale, nii et lõtvunud koda ja vatsake kistakse laiemale ja sellest ongi tingitud südame imev toime (vt. 113. lhk.). Et rinnaõnes tõesti olemas negatiivne (õhurõhust vähem) rõhk ehk imemine, see on tõestatud muu seas manomeetri abilgi, mis



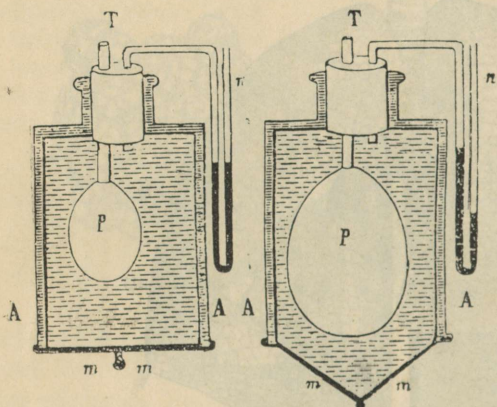
112. joon. Kopsud eest. A: hingetoru. B: parem, B': vasem hingetoru haru. C: parem, C' vasem kops. 1, 9: kopsu tipp. 2, 10: kopsu põhimik. 3: keskseisundipoolne pind. 4—6: parempoolne ülemine, keskmine ja alumine sagar. 7, 8: sagaravahelised sälgud. 12, 13: vasempoolne ülemine ja alumine sagar. 14: sälk.

rinnaõõnega nii ühendatud, et õhk sisse ei pääse rinnaõõnesse: elavhõbe tõuseb rinnaõõne-poolses manom. sambas kõrgemale.

Rinnaõõs on täiesti kinnine õhukindel ruum. Niipea kui rinnaõõs laieneb, langeb seal (ka väljaspool kopsusid serooskestade vahel) rõhumine veelgi madalamale, kuna aga alveoolides on harilik õhu rõhumine. Et alveoolides olevale rõhumisele sama suur vasturõhumine puudub, seepärast laienevad alveoolid sisemise rõhumise mõjul, rõhk langeb neiski ja kopsu tungib hingetoru kaudu uut õhku sisse. Ühes sellega suureneb muidugi kogu kops ja täidab endiselt rinnaõõne. Alveoolid surutakse otsekui elastilised kummimunakesed veelgi rohkem pinevile ehk pinguli.

Kui rinnaõõs avatud, siis on hingamine — õhuvahetus kopsudes — võimata. Hingamislihased teevad küll ikka hingamisliigutusi, kuid kopsud ei laiene, sest nüüd rõhub väline õhk kopsude välisseinale samasuguse jõuga, nagu alveoolide sees olev õhk ja seega puudub tegur, mis alveoolide seinu pingule suruks. Kui rinnaõõs ühe külje poolt avada, siis langeb ainult sealne kopsupool kokku, kuna teise poolega võib hingamine jätkuda, sest kopsupooled on kilese vaheseinaga teineteisest lahutatud. (On rinna haavad elukardetavad?).

Kopsude tegevust võib järele aimata ja selgitada vastava mudeli abil (113. joon.). Võetakse põhjata pudel, millele põhja asemele kummi pandud. Läbi korgi läheb kaks toru. Ühe klaastoru otsa pudeli sees on kummimuna



113. joon. Hingamist järeleaimav skeem. A: Põhjata pudeli seinad. m: kummist või põiest põhi. P: kummimuna. n: manomeeter.

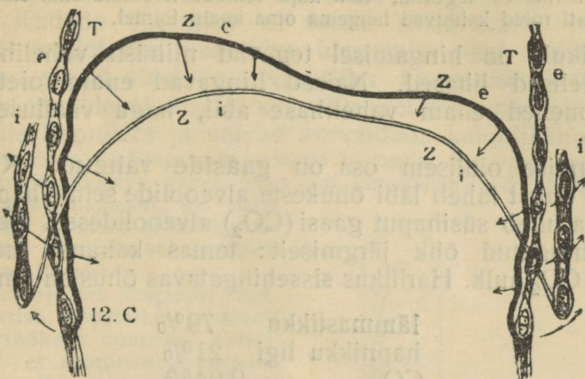
kõidetud, teine toru on ühenduses manomeetriga, kus elavhõbe või vesi sees. Pudeli sees on vesi (võib ka õhu jätta). Kui kummipõhja (või põiest valmistatud põhja) allapoole kiskuda, siis laieneb pudelis ruum; seal langeb rõhumine. Et seal rõhumine langenud, seda näitab manomeeter: elavhõbe on manomeetri pudelipoelses toru osas tõusnud. Samuti on näha, et pudelis olev kummimuna, mis kopsusid kujutab, on laienenud. Temas oleva õhu rõhumine on ta laiemale surunud. Täheandab, kopsude laiendumine käib samade seaduste järele, kui kunstliku kava oma.

Rinnaõõne suuren-

damisel ja vähendamisel on tegevad lihased. Hariliku hingamise ajal on töötamas **diafragma** ehk **vahelihhas** ja roietevahelised lihased. Diafragma asetseb rinna- ja kõhuõõne vahel; sellest ta nimigi — vahelihhas. Ta on kupli kujuline moodustis, ülespoole kumer. Vahelihase äärosad on lihased ehk musklid (punane), kuna aga keskkõht on kõõlusene (valge). Tõmbuvad äärosa lihased kokku, siis arusaadavalt vajub vahelihhas allapoole, surudes sisikonda alla ja ette. Kokkutõmbel väheneb diafragma kumerus ja rinnaõõs suureneb (114. joon.). **Roietevahelised lihased** on kahe- ja kolmesugused. Välimised neist lähevad (külje poolt kujutatud) ülemise roie küljest alumise külge ja ette, sisemised käivad aga neile ristipidi, ülevalt alla ja taha.

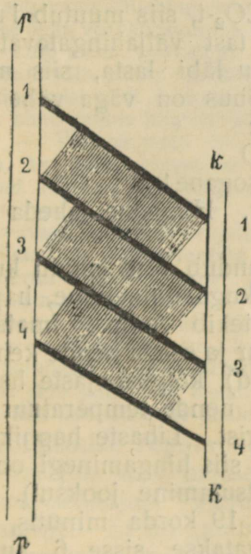
Nende lihaste tegevusest saame aru, kui 115. joonist tähele paneme. P kujutab selgroogu, kus roied kinni, mille vahel on välimised lihased. Kui need lihased kokku tõmbuvad, siis kisuvad nad roied üksteisele ligemale. See

on võimalik ainult nii, et roied ülespoole tõusevad. Hingamise ajal võimegi kergesti tähele panna, et roied tõusevad. Kui me aga tahame kopsudest suuremal määral õhku välja suruda, siis töötavad sisemised roiete-vahelised

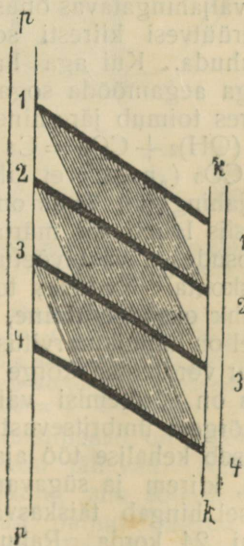


114. joon. Vahelihhas. (Z, Z), sissehingamise (i, i) ja väljahingamise (e, e) ajal. T, T: rinna seinad. 12. C: kõige alumise roie ots. Nooled näitavad vahelihase ja roiete liikumise suunda sissehingamise korral.

lihased. Nemadki kisuvad omi kinnituspunkte fiksteisele ligemale. Siin on see võimalik ainult siis, kui roied allapoole liiguvad, nagu selgub 116. jooni-



115. joon. Välimiste roiete-vaheliste lihaste suund ja tegevus. p p: selgroog (skemaatiliselt). 1—4: roied.



116. joon. Sisemiste roiete-vaheliste lihaste tegevus. p, p: selgroog. 1—4: roied.

sest. Seejuures väheneb rinnaõõs. Kõhulihastegi (kõhupressi) kokkutõmme võib edendada väljahingamist, sest siis surutakse vahelihhas ülespoole, rohkem kumeraks (käega enesel jälgida vastavaid liigutusi!). Harilikul väljahingamisel ei ole aga lihased tegevad, vaid kops tõmbub koomale oma elastsuse tagajärjel, samuti roied kalduvad langema oma kaalu toimele.

Harilikult on hingamisel tegevad niihästi vahelihhas kui ka roietevahelised lihased. Naised hingavad enam roietevaheliste lihaste, mehed enam vahelihase abil, nagu vaatlusel kergesti märgatav.

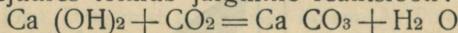
Hingamise olulisem osa on **gaaside vahetus**. Kopsudesse tunginud õhust läheb läbi õhukeste alveoolide seinte hapnik verre, verest aga tuleb süsihaput gaasi (CO₂) alveoolidesse. Seega muutub sissehingatud õhk järgmiselt: temas kahaneb hapniku ja suureneb CO₂ hulk. Harilikus sissehingatavas õhus on ümmarguselt

lämmastikku	79%
hapnikku ligi	21%
CO ₂	0,04%

Väljahingatud õhus on aga:

lämmastikku	79%
hapnikku ligi	17%
CO ₂	4% (100 korda enam!)

Et väljahingatavas õhus on palju CO₂-t, siis muutub l u b j a -või barüütvesi kiiresti sogaseks, kui tast väljahingatavat õhku läbi puhuda. Kui aga harilikku õhku läbi lasta, siis muutub see väga aegamööda sogaseks, sest õhus on väga vähe CO₂-t. Seejuures toimub järgmine reaktsioon:



CaCO₃ („paas“) ei lahustu vees (sogane!).

Väljahingatud õhus on ka veeauru. Hingame jaheda klaasi peale, siis läheb see märjaks.

Kopsudesse vastuvõetud hapnik kandub vere kaudu kudesse, tarvituskotta. Kudedes toimub hapnikuga ühinemine, hapendumine ehk oksüdeerumine, kusjuures tekib soojus. Imetajail ja lindudel on hapnikutarvitus alaliselt suur ja seega nende keha temperatuur võrdlemisi kõrge (püüsoojased), kõigisoojaste hapnikutarvitus on võrdlemisi väike ja seega nende temperatuur ainult vähe kõrgem ümbritsevast temperatuurist. Lihaste hapnikutarvitus tõuseb kehalise töö ajal, mispärast siis hingaminegi on palju elavam, kiirem ja sügavam (näit. lõõtsutamine jooksul). Tegevusetusel hingab täiskasvanu 12 kuni 19 korda minutis, seistes 22 kuni 24 korda. Rahulolekul hingatakse sisse 6 kuni 8 l. õhku, pingutaval tööl 50—60 l, isegi kuni 150 l. Iga teinegi organ tarvitab elavama tegevuse ajal rohkem hapnikku (aju, neerud, närmed nõristusel jne).

Eriti tundlik hapnikupuuduse vastu on suuraju tegevus. On hingamine takistatud (hingetoru ummistus toiduga, uppumine, kägistus, poomine jne.), siis kaob teadvus õige pea ja inimene sureb. Kudede suremine ei toimu siiski mitte väga ruttu: uppunut suudetakse kunstliku hingamise teel harukorral isegi 1½ tunni pärast elustada. Kunstliku hingamise korral toimub kopsudes gaasidevahetus, ja kui süda veel tuksuma hakkab, saavad koed jälle hapnikku ja võivad kõrvaldada kahjulikke laguaineid.

Ülesandeid: 1) Hingatakse minutis 16 korda, iga kord ½ l. Kui palju siis tunnis ja ööpäeva vältel õhku läbi hingatakse? 2) Võtab läbihingatud õhust keha 4% hapnikku, kui palju siis tarvitab organism hapnikku ööpäeva vältel (arvutada eelmise ülesande alusel, liitreis)?

— Et lihaste töö hingamist tugevasti mõjustab, seepärast on kehaliselt töötajail rindkere suurem. Katseil on leitud, et sportiminegi edendab tugevasti rindkere suurenemist, eriti kasvavail iskuil.

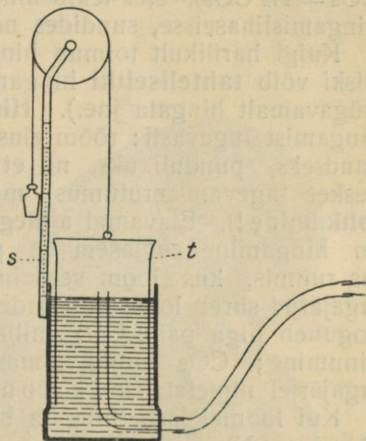
Keskmiselt hingatakse ühe korraga 500 ksm. õhku sisse ja sama palju välja (hingamisõhk). Pärast harilikul viisil väljahingamist võib pingutuse korral veel 1500 ksm. õhku kopsudest välja suruda (varuõhk). Aga isegi kõige sügavama väljahingamise järele jääb osa õhku veel kopsudesse, nimelt 1000—1200 k.-sm. (jäak-õhk).

Samuti võib pärast harilikul viisil sissehingamist veel keskmiselt 1500 k.-sm. õhku juurde hingata (täiendusõhk). — Väljahingatud õhku võib mõõta, kui õhku hingatakse veega täidetud riistasse, mis kummuli teise anumases.

Arvitusel on vastavalt gradueeritud riistad — **spiromeetrid** (117. joon.). Tehakse suurim sissehingamine ja siis suurim väljahingamine, siis võidakse sel korral välja hingata keskmiselt 3500 k.-sm. (e l u m a h t).

Kopsus on harilikult 2600—2800 k.-sm. õhku. Iga hingamise korral hingame sisse küll 500 k.-sm., kuid 170 k.-sm. sellest jääb kurku, hingetorusse ja tema harudesse, kust ta väljahingamise ajal jälle muutumatult tagasi kihutatakse. Nii siis jääb järele 330 k.-sm. õhku, mis kulub kopsu õhu uuendamiseks. Kogu kopsu õhk uueneb selle järele $2600-2800 : 330 = 7-8$ korraga.

Hingamise regulatsioon. Hingamislihased on tegevad ärrituste mõjul, mis neisse erkude kaudu lähevad. Need ergud tulevad seljaajust. Purustatakse seljaaju, siis soikub otsekohe hingamine. Et hingamisel on tegevad paljud lihased, siis on nad ergustatud mitmest seljaaju kohast. Et kõigi lihaste liigutused korralikult ja ühtlaselt toimuksid, selleks on piklikus ajus kese, mis seljaajust minevate erkude tegevust korraldab. Kui vigastatakse pikliku aju hingamiskese, isegi sel korral seisa-



117. joon. Spiromeeter. t: seesmine, kummuli asetatud nõu, kuhu õhk sisse puhutakse. s: skaala, mõõtevarras.

tab kohe hingamine, millele järgneb lämmastussurm. Kõrgemadki ajukesked on tegevad hingamisliigutuste juhtimisel. Hingamiskesked korraldavad hingamisliigutusi iseseisvalt, ilma meie tahte kaasabita. Hingamiskeske ärritajaks ehk tegevuselekihutajaks on kõige pealt süsihappu gaas, aga ka teisedki **happed** toimivad samas suunas. Kui näiteks tahteliselt hingamine kinni peetakse, siis kuhjub verre rohkesti CO_2 -t, see ärritab hingamiskeset tugevasti ja viimaks kasvab erutumus nii suureks, et ei suudeta enam „hinge kinni hoida“. Niipea kui juussöönis, mis hingamiskeset verrega varustavad, on ülearu happeid (eriti $\text{CO}_2 = \text{H}_2 \text{CO}_3$), siis tekib hingamiskeskes erutumus ja see levib hingamislühaseisse, sundides neid kokku tõmbuma.

Kuigi harilikult toimub hingamine ilma tahte kaastegevuseta, siiski võib **tahteliseltki** hingamist õige suurel määral juhtida (sügavamalt hingata jne.). **Hingelised elamusedki** mõjustavad hingamist tugevasti: rõõm elustab, kurbus teeb hingamise pealiskaudseks, puudulikuks, nii et ajuti tekib CO_2 -rohke tagajärjel keskes tugevam erutumus, millele järgneb sügavam hingamine (**ohkamine!**). Elavamal ajutegevuselgi (õppimisel, lugemisel jne.) on hingamine aeglasem ja pealiskaudsem. Väikeses õhukindlas ruumis, kus loom sees hingab, lõpeb varsti hapnik, mille tagajärjel sureb loom krampide käes. Suurde õhukindlasse ruumi koguneb liiga palju CO_2 , mille mõjul ilmub hingeldus ja lõpuks uinumine; CO_2 mõjub uimastavalt. Surma hapniku puuduse tagajärjel nimetatakse l ä m b u m i s e k s.

Kui loomal lasta hingata hapnikurikast õhusegu (näit. 3 osa O_2 +1 osa N), siis muutub ka veri hapnikurikaks. Hapnikurikas veri ei ärrita hingamise keset, mispärast siis hingamine väga pealiskaudseks muutub ehk seisma jääb.

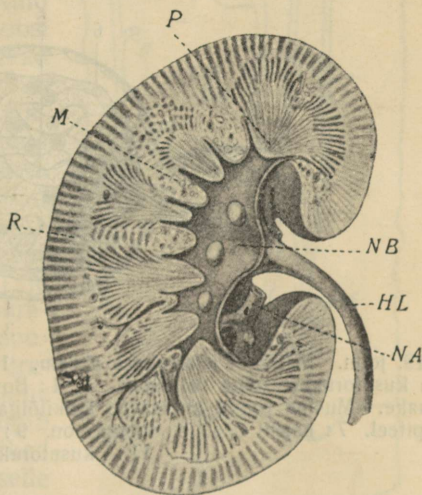
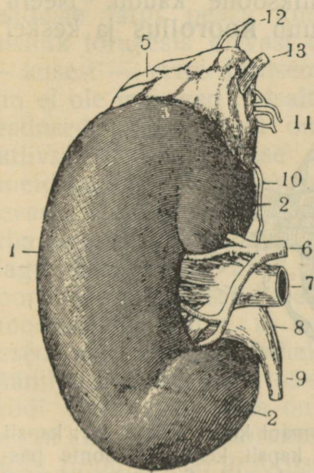
Hingamise tervishoiust. Kui vahelihhas allapoole vajub, siis surub ta kõhuõõnes olevaid organeid allapoole, mille tagajärjel kõht laiemaks muutub. Kui aga kõht on riietega kinni pigistatud, siis ei saa ta laieneda, mispärast ka vahelihhas ainult vähe võib allapoole vajuda. Seega takistavad kõhtu pigistavad rõivad (korset, rihm, vöö) vahelihasega hingamist. Korset või vöö võib hingamist isegi siis takistada, kui ta iseäranis ei pigistagi. Nad võivad päris parajasti kõhu ümber olla siis, kui välja hingatakse; kuid sissehingamise korral on nad siis juba takistuseks. Kui aga end keskelt veel hästi kõvasti kokku kisti, nagu see iseäranis endisel ajal rumalaks moeks oli, siis ei olnud üksi hingamine takistatud, vaid isegi rindkere kuju ja suurus, isegi maks ja teised organid kannatasid rõhumise all. Iseäranis peab keha pigistamist ja hingamist takistavaid riideid ära hoidma kasvamise ajal, noorpõlves.

Ei anta organile vaba võimalust kasvamiseks, siis jääb ta kiduraks. Isegi siis, kui väljakujunenud organile alaliselt rõhutakse, kõhetub ehk atrofeerub

ta. Pigistavad rõivad takistavad korralikku verevoolu, mispärast kudede toitumine ja neist kõlbmatute ning mürgiste ainete eritamine ei saa normaalselt toimuda. Peale korseti ja rihma tuleb ses suhtes tähelepanu juhtida jalanõudele (kitsad saapad, sukapaelad, pigistavad saapanõõrid jne.).

Eritamine.

Iga raku elutegevusel laguvad keerulise koosseisuga ained lihtsaks lõppsaadusiks, mida rakul enam tarvis ei ole. Aine lagumisel vabaneb energia, mis organismile soojuseks, liikumiseks jne. tarvilik. Lagumisel etendab tähtsat osa ühinemine



118 A. joon. Parem neer ja neeru-pealis. 1: küljepoolne, 2: keskepoolne neeru serv. 5: neeru-pealis. 6: neerutuiksoon. 7: n.-tõmbsoon. 8: n.-vaagen. 9: kusejuha. 10—12: tuiksooned. 13: tõmbsoon.

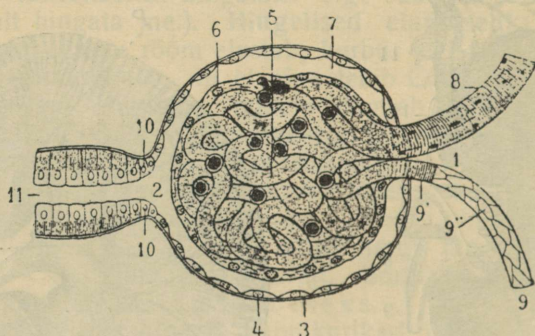
118 B. joon. Neeru pikilõik. R: koorollus. M: säsiollus. P: püramiid. NB: neerukarikas. NA: neeru-arter. HL: kusejuha.

hapnikuga, oksüdeerumine. Ainete lagumist organismis nimetatakse **dissimilatsiooniks**, missugune nähtus on assimilatsiooni vastand. Ainevahetuse lõppsaadused, mida rakud enam kasutada ei suuda, heidetakse neist välja, verre. Viimane kannab lõppsaadused eritusorganite juurde, kust kaudu nad kehast välja toimetatakse.

Suhkur ja rasv oksüdeeruvad kehas täielikult, tekitades lõppsaadustena vett ja CO₂-t. CO₂ eritub läbi kopsude. **Valkude oksüdeerumisel** tekivad kaunis mitmekesised ained, mis enamasti **lämmastikku** sisaldavad. Need kõlbmatud ained erituvad

neerude kaudu, mispärast ongi neerud liiga koormatud, kui toidus väga palju valgurikkaid roogi (liha, kala, juust, kohupiim, herned, oad jne.). Valkude lagumisel tekkinud aineist tuleb eriti nimetada **kusinikku** $[CO(NH_2)_2]$, **kusihapet** $(C_5H_4N_4O_3)$; kehasse kuhjumisel tekitab luuvalu) ja **ammoniaaki** (NH_4OH) . Neerude kaudu eritatakse sooletorus käärimisel tekkinud ained (**fenool**, kresool j. t.), samuti ka **mineraalained** (erandi moodustab raud, mis eritub soole kaudu, samuti osa kaltsiumi).

Neerud. Neerud (118. joon.) on oakujulised organid, mis asetsevad kõhuõõnes kahel pool lülisammast (nimmeosa kohal). Neerusse voolab veri aordist neeru tuiksoone kaudu. Neeru läbilõigul on näha teraline punakas-pruun **koorollus** ja keskel



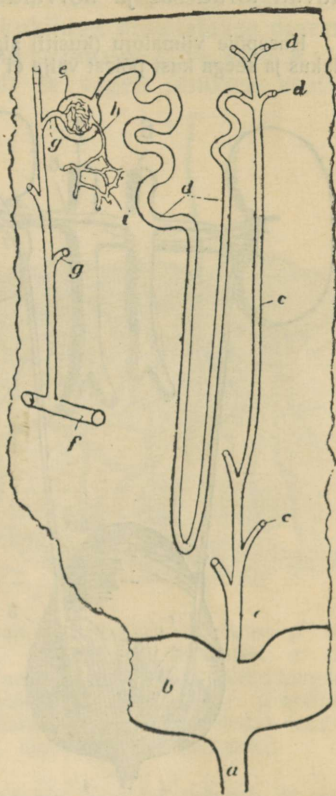
119. joon. Malpighi püsmakese skeem. 1: Bowmani kapsli avaus. 2: kapsli ja kusetorukese õõne vahekoht. 3, 4: Bowmani kapsli kest. 5: soonte püsmake. Mustad ringid kujutavad katkilõigatud soonte otsi. 6: püsmast kattev epiteel. 7: kapsli õõs. 8: toomasoon. 9: viimasoon. 10: kusetorukese algus. 11: kusetorukese õõs.

jooniline hallikas-punane tuumollus ehk kiht. Tuumkiht koosneb püramiididest. Neeru tuiksoon läheb koor- ja säsiikihi vahele, ta haruneb. Neist harudest lähevad koorkihti vähemad harud, mis jälle harunevad. Viimaste harude otsas asetsevad soontekerakesed ehk püsmakesed (119. joon.). Tuiksoone haru kaudu voolab veri püsmakesse, kus on juussoon kokku keerutatud; sealt läheb veri välja viimasoon kaudu. Viimasoon on peenem kui toomasoon; seepärast peab toomasoones ja püsmakeses küllalt suur rõhumine olema, et peenikest viimasoon kaudu samapalju verd edasi kihutada, kui tuleb juurde avarama toomasoon kaudu. Rõhu tagajärjel tungib püsmakese juussoonist osa vedelikku välja. Püsmakest ümbritseb kilekesena kapsel, mille küljest algab kusetoruke. Koorkihis on toruke vääniline, tuumkihis — sirge (120. joon.). Osa tuiksoone harusid läheb torukeste külge, kus nad juussooniks hargnevad.

Verest läbi päs makese soonte surutud vedelik satub nüüd kapslisse ja sealt edasi torukesisse. See vedelik sisaldab mitmekesiseid aineid, osalt tarbetuid ehk kõlbmatuid, osalt isegi tarvilikke (suhkrut; valke ei sisalda). Läbi torukeste minekul imendub suhkur tagasi verre: torukeste seinarakud võtavad ta enesesse ja annavad edasi. Sel teel

jäävad torukesse kusi hape, kusinik ja teised eritatavad ained. Veres on neid aineid vähe, kuses aga palju (näit. veres on 0,05% kusi hape, kuses aga 2% ümber). Osmoosi seaduste järgi peaks kusi hape ja kusinik torukesis olevast vedelikust — kusest — verre imitsema. Kuid siin ei ole maksvad lihtsalt osmoosi seadused, vaid rakud on tegevad aktiivselt: nad ei lase nimetatud aineid tagasi verre. Torukesed ühinevad viimaks ja nende ühine juha avaneb püramiidi tipul, näsal. Nagu kirjeldusest näha, peituvad koorkihis päs make sed (ühes kapsliga moodustavad nad n. n. neerukehakesed ehk Malpighikehakesed) ja väänilised torud, kuna säsis, püramiidi teravam as otsas on juussooned ja kogu- ehk liit torukesed. Püramiidi tippu (näsa) ümbritseb kilene neerukarikas, kuhu valgub kusi kogutorukesist. Neerukarikad ühinevad neeruvaagnaks ja selle küljest algab kusejuha. Kusejuha mööda nõriseb kusi neeruvaagnast kusepõide. Kusejuha läheb lülisamba ligi põie taha ja alla, kus ta põigiti läbi põie seina põide suubub (121. joon.). Kui põis täis, siis rõhub kusi põiele nii, et põigiti all olev kusejuha avaus kinni surutakse. Seepärast ei pääse kusi tagasi kusejuhadesse. Arusaadavalt ei pääse siis neeru torukesist ja kusejuhast, niipea kui nad täitunud, kusi enam välja ja neerude eritustegevus on takistatud. Et verest kõlbmatute ainete eritamine on väga tarvilik, seepärast on kuse kinnihoidmine kahjulik.

Kokkuvõttena võib seega öelda, et neerud „puhastavad“

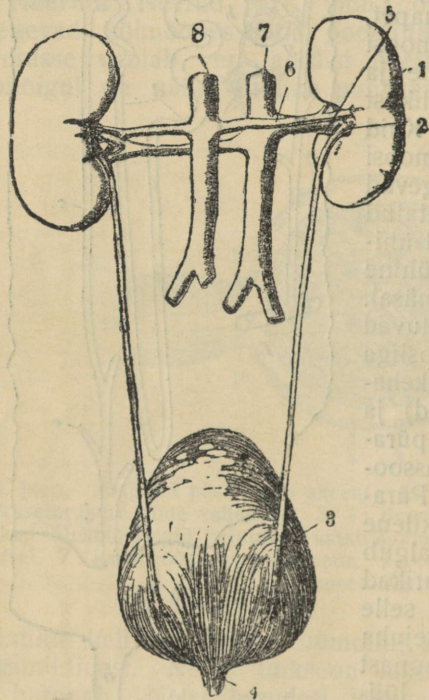


120. joon. Kusetorukesed neerus (skeem). a: kusejuha. b: neeru karikas. c: sirgitoruke. d: vääniline toruke. e: päs make. f: tuiksoon. g: toomasoon. h: viimasoon. i: väänilise toruke ümber harunev soon, juussooned.

verd, eritavad temast valkainete lagumisel tekkinud lõppsaadusi, käärimisel tekkinud aineid jne. Verest otsekui kurnatakse ehk filtreeritakse läbi päsmakeste juussoonte osa vedelikku kapslisse ehk kihnu. Torukesis, mis kapslist algavad, imitseb osa aineid tagasi verre (suhkur), kuna osa — eriti kõlbmatud — jäävad torudesse ja kõrvaldatakse kuse näol.

Kusepõie viimatoru (kusiti) alguses on ringlihas, mis on kokkutõmbunud olekus ja seega kust põiest välja ei lase. Kui põis kust täis, siis tundub rõhuline.

Kusemise ajal nõrgeneb ringlihase pingulolek tahte mõjul, põielihased tõmbuvad kokku ja kusi voolab välja.



121. joon. Neerud ja põis. 1: neer. 2: kusejuha. 3: kusepõis. 4: kusiti avaus. 5: neeru tulksoon. 7: alumine õonestõmbsoon. 8: aort.

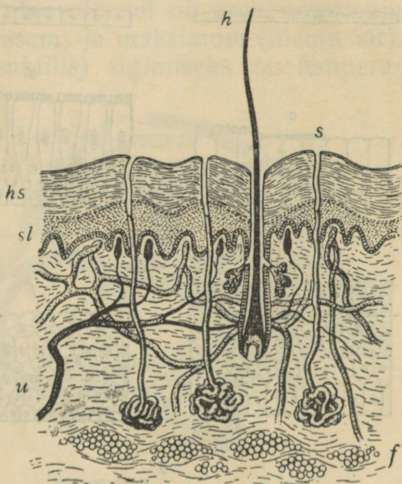
Naha ehitus ja tegevus.

Nahk (122. joon.) on kõige pealt organ, mis **kaitseb** seesmisi kudesid. Vastavalt oma ülesandele on nahk märksa sitkem ja vastupidavam **mehaanilistele vigastustele** kui tema all peituvad koed (katsuda vigastada nõelaga nahka ja näiteks lihast!). Naha haavamist raskendab veel see, et ta võib kergesti kohalt nihkuda ja kortsuda: ta libiseb riivava või löikava eseme eest edasi. — Iga rakule on elutegevuseks tarvis küllaldasel määral vett. Naha rakud puutuvad aga kokku õhuga ja kuivavad. Pealegi on keharakkude eluks tingimused väga muutlikud: muutub temperatuur, rõskus, kokkupuude mitmekesiste ainetega jne.

Sääraseis oludes ei suuda rakud elada. Kõige välimised rakud ongi surnud (neis puuduvad tuumad). Nad moodustavad **sarvkihi** (sarvainest, keratiinist), mille küljest alaliselt osad pisikeste soomuste ehk tükikeste näol maha langevad või lahti hõõrduvad. Sarvkihi veevaesed rakud takistavad vee auramist allolevaist kudedest, kaistes seega kudesid **veekautuse** eest.

Sarvkihi ja üleminekukihi all asetsevad elusad rakud (tuumaga), mis moodustavad paksema kihi. Seda rakukihti nimetatakse **tekituskihiks** (Malpighi kihiks), sest tema sünnitab äralangevate sarvkihi rakkude asemele uued. Tekituskihi rakud jaguvad alatasa: pealmised rakud muutuvad lapikuks, kaotavad tuuma ja muutuvad elutuks sarvkihi rakkudeks. Sarv- ja tekituskihti ühes nende vahel asetseva üleminekukihiga nimetatakse **marraskiks** (epidermis). Marrask on **kihiline katekude** (123. joon. e ja f). Väikese nahavigastuse korral tuleb ta sageli õhukese kestana maha ja haava kohale imitseb kollakat vedelikku, vereplasmata (hüübib!).

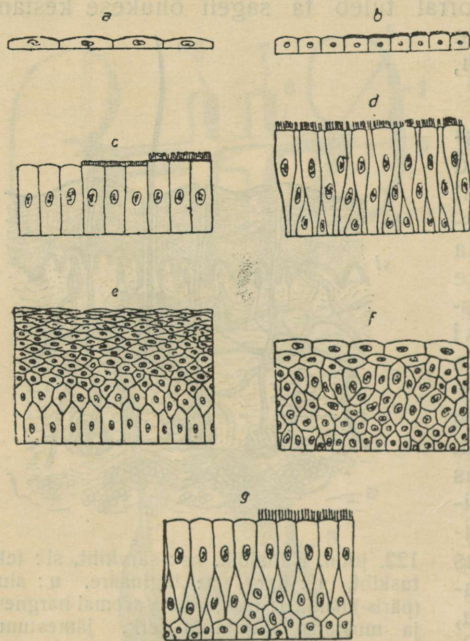
Marraski all asetseb **alusnahk**, mille pealne pind on kaetud näsadega. Ainult näsadesse ulatuvad juusooned, kust veri mahla näol ka tekituskihi rakke toidab. Näsakihi all on alusnahas palju elastilisi kiude, mis annavad nahale venivuse ja vetruvuse. Kiudude vahel on ka, nagu harilikult, sidekoe rakud. Peale selle on alusnahas juuste juured ja **higinäärmed** (122. joon.). Higinääre algab sügaval nahas toruna, mis kokku keerutatud. Kerast tuleb juha, mis naha pinnale suubub¹⁾. Higi, mis neist eritub, on läbipaistev, soolase maitsega ja iseäralise lõhnaga vedelik. Koosseisu poolest tuletab ta osalt kust meelde, sest temas on kusiiniku, soolaseid ja orgaanilisi happeid (soolade kujul). Seega on ka higinäärmed eritamisorganid. Nende kaudu erituvad isegi mitmekesised arstirohud (jood-, broom-, elavhõbesoolad jne.) ja teised mürgised ollused. Neerude vigastuse korral on higinäärmete tegevus elav; nad täidavad siis jõudu mööda neerude ülesannet. Higestamine aitab kõrvaldada bakteritegi mürke, mis tekivad näiteks palaviku ajal.



122. joon. Nahalõik. hs: sarvkiht. sl: tekituskiht. h: karv. s: higinääre. u: alus- (päris-) nahk. f: rasvkude. Vasemal hargneva ja mustana kujutatud erk, jamestunud lõppkehakestega näsades. Heledam hargnev moodustis — veresooned.

1) Higinäärmeid on ühe ruuttolli (= 11 rsm) kohta palgeil 548, reie seespoolel 576, otsmikul 1258, rinnal ja kõhul 1136, käeseljal 1490, peos 2736, jalatallal 2586.

Seepärast edendataksegi higistamist palavikuhaigusil. Ei lammuta organid tekkivaid mürke tarvilikul määral, siis tuleb nahk appi neid lammutama ja sageli haigestub ise seejuures (nõgeslööve j. t.). Saun, auru- ja päikesevannid (soojas) edendavad naha eritustegevust. Sageli leidub higis suuremal määral haisevaid eritusprodukte, mis tekkinud sooltes roiskumisel. (See peaks manitsema seedeorganite tegevuse järgi valvama.) Inimene higistab vahetpidamata, kuid harilikult ei ole see märgatav, sest



123. joon. Epiteelide skeemid. a: ainukihine lest-epiteel. b: ainukihine kuup-epiteel. c: ainukihine silindriline epiteel. d: kahereane ripsmeline ep. e: kihiline lest-epiteel. f: kihiline kuup-epiteel. g: kihiline silindriline ja ripsmeline epiteel.

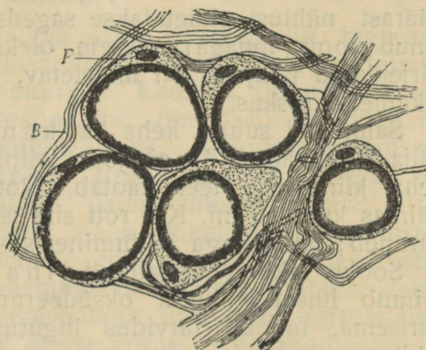
vähesel määral tekkiv higi aurab (lendub) nahalt otsekohe. Keskmiselt aurab öö-päeva jooksul naha pinnalt üle $\frac{1}{2}$ liitri vett. Kõrgema temperatuuri, töö ja rikkaliku veetarvitamise järele suureneb higistamine, nii et higi tilkadena nahale ilmub. Higistamine on tähtis kehasoojuse korraldamisel. On olemas ergud, mille ärritus (elekter, ehmatuse jne.) higistama ajab, s. o. higinäärmete tegevus on ergukava kontrolli all.

Imetaja keha katavad karvad, mis on kõige pealt kaitseks liigse soojakaotuse vastu. Inimesel on karvkate kidur. Suur osa karvast on elutu. Naha sees peituv karvajuur moodustab all-osas järestunud karvasibula. Karvasibulat ümbritseb tupena karvanääps (näaps = tasku). Karva kasvamine toimub karvasibula rakkude pooldumise tagajärjel, nii et mida kaugemal karvasibulast, seda vanem on teatav juukseosa. Karvanääpsu avaneb rasunääre (122. joon.), kus tekib rasu. Rasu sisaldab rasva, valkaineid j. t. Rasu katab naha pinda ja karva õhukese kihikesena, mis teeb naha pehmeks ja siledaks. Ta takistab veekaotust, naha kuivamist. Rasuta ja kuiv nahk on habras, pragunev.

Kõige alumise nahakihi moodustab **nahaalne kude**, kus harilikult rohkesti rasvarakke (124. joon.). Rasvkoesse võib palju rasva kuhjuda (rasvunud inimesed, nuumatud loom!). Nahaalne rasvakiht on heaks kaitseks külma eest, sest rasv on paha soojusejuht.

Soojus.

Temperatuuril on kõigi eluavalduste kohta suur mõju. Madalas temperatuuris on elutegevused aeglased, keskmises kiired, liiga kõrges jällegi takistatud. Igal eluavaldusel on oma miinimum (alammäär), optimum (kõige kohasem) ja maksimum (ülemäär). Näiteks heinabakteri (*Bacillus subtilis*) sigimiseks on temperatuuri alammäär $+ 6^{\circ}$, kõige kiiremini pooldub ta $+ 30^{\circ}$ juures (optimum); kui aga temperatuur 50° tõuseb, siis jääb sigimine seisma. Samuti on lugu loomade munade jagumisel (kanamuna jne.). Mitmesuguseil nähtusil on aga mitmesugune optimum. Kõigusoojased loomad olenevad väga suuresti temperatuurist. Kõiksugu putukad (kärbised jne.), konnad, sisalikud jne. on väga aeglasel jaheda ilmaga; kui aga temperatuur tõuseb, siis on nad elavad, liiguvad kiiresti, söövad enam jne. Talve külmaga seisab nende elutegevus pea täielikult.



124. joon. Rasvkude. F: rasvarakk, joone kohal protoplasma ja tuum, allpool rasv suure tilgana. B: sidekoe-kiud.

Püsisoojased loomad on aga vabad seesuguseist temperatuuri muutusist. Nende kehas on alaliselt kaunis kõrge temperatuur, nii et nende erkude, lihaste ja näärmete tegevus on alaliselt kiire ja elav, olgu kas külm või soe. Nad võivad sama vabalt liikuda ja teotseda talvisel külmal ajal, nagu suvelgi. Nende loodete arenemine võib ikka kiiresti toimuda, kuna kõigusoojaste looted arenevad madalas temperatuuris aeglaselt ja võivad hukkudagi.

Inimese keha soojus kõigub kaenla all $36,5^{\circ}$ ja 37° vahel. Vere soojus on 39° . Päeva-ajal on temperatuur kõrgem kui öösi. Kõige kõrgem on temperatuur harilikult õhtul, kõige madalam hommiku vara.

On ümbritsev õhk jahe, siis tekitab keha enam soojust. Ta põletab eneses enam toitaineid. Kui aga ümbritsev õhk on soe

või kehas eneses tekib palju soojust, siis püüab keha liigest soojusest vabaneda, kusjuures higistamine etendab suurt osa. Tööl, millal kehas palju soojust vabaneb, või ka suures soojuses hakkab nahk kangesti **higistama**. Higi aurab naha pealt ära. Teatavasti tarvitab vesi auramiseks palju soojust¹⁾. Seda viisi kulub liigne soojus vee auramise peale. Kõrges temperatuuris on ka hingamine sagedam ja seega auramine kopsude pinnalt suurem.

On aga õhk auruga küllastatud, siis ei aura higi. Keha ei saa siis soojust ära anda, ning ta temperatuur tõuseb. Samuti võib keha temperatuur tõusta ka siis, kui vabaneb liiga palju soojust lühikese aja jooksul (töö kuumas). Niipea kui temperatuur tõuseb 42°-ni, jääb keha tegevus järsku seisma. Säärast nähtust nimetatakse sagedasti päikesepisteks (ta ilmub sooja ilmaga); õigem oleks aga soojusepiste nimetus. Kirjeldatud põhjusel on mõistetav, miks on väga mõnutu troopikametsa rõskus.

Samuti ei suuda keha ka kanget külma kauemat aega välja kannatada. Ta ei jõua niipalju soojust valmistada, kui keha kiirgamise teel kaotab. Roti keha temperatuur langeb külmas kuni 15°-ni. Kui rott siis jälle sooja panna, toibub ta ja paraneb; jätkub aga jahtumine, siis järgneb surm.

Soojus tekib peaaesjalikult lihastes. Kui külm hakkab, siis toimub lihastes kiirem oksüdeerumine. Jahedas hakkab keha värisema, tundub tarvidus liigutusi teha, — kõik selleks, et tekiks enam soojust.

Makski on tegev soojusetekitajana. Miks aga hakkavad lihased või maks rohkem soojust tekitama? Kuidas nad „teavad“ keha tarvidust? Arusaadavalt peavad siin tegevad olema ergud. Külm ärritab naha erguotsi ja sealt levib erutumus keskerkonda (soojakeskessegi; ajukese ligi suuraju vaheosas) ja sealt edasi lihasesse ning maksa. Erutumuse tagajärjel tõuseb neis hapendumine, lihaseis isegi ilma vastavate liigutusteta (sümpaatilise ergukava erutumus). Üldse on see ergukava tegevuse tagajärg, et keha temperatuur püsib väga ühtlasena: soojusetekkimine ja higistamine reguleeritakse kehatarviduse järgi. — Alaliselt kõrge kehatemperatuur nõuab toitainete suuremat kulu. Püsisoojased ei suuda seepärast nii kaua nälgida kui kõigusoojased (konn aasta ümber!)

Karastusest ja naha tervishoiust. Külmas ahenevad, soojas laienevad veresooned. Soojas vannis või üldse soojas on naha veresooned laienenud, verest täitunud (nahk punane ja soe). Säärase „sooja nahaga“ võib jahedas kergesti külmetuda. Seepärast on tarvis pärast sauna, sooja vanni, higistamist

1) 1 gr vett tarvitab auramiseks 540 kalorit keemistemperatuuris, enam veel kehatemperatuuris.

jne. ettevaatust (higi ära pühkida, soojasti rõivastuda). Vältavas soojuses hellitub nahk ja külmetumine toimub siis kergesti (troopikas elu!).

Madalamas temperatuuris (jahe õhk, jahe vann, suplus) ahenevad veresooned ja nahk jääb jahedaks. Suuremale ja eriti kiiremale nahajahutusele (külm vann, „lumesõda“!) järgneb veresoonte laienemine ja naha soojenemine. Et veresooned küllalt kiiresti ja hästi reageeriksid temperatuuri muutuste korral, selleks tuleb neid harjutada, s. o. tuleb vahetevahel nahka karastada jahedate vannidega, jaheda veega hõõrumisega, õhuvannidega ja suplusega. Kaua supelda on täiesti asjata, sest soojusekaotus on suur; see on isegi kahjulik, kui pärast suplust ei tehta sooja (keha soojaks!). Õhuvanne võib talvel toaski võtta. Karastatud keha kardab külmetust palju vähem kui karastamata.

Pesemine on tarvilik naha puhtuseks, eriti higiaukude sulgemisest hoidumiseks. Külmatunde korral, mis harilikult ilmub enne palavikku, on kohane higistada (saun, auruvann, pärast aga hoiduda külmetusest).

Valgus.

Katseil on selgunud, et valgus võib kehategevust tugevasti mõjustada. On leitud, et ainevahetus tõuseb valguse toimel. Hapnikutarvitus on valguses suurem. Loomad (linnud, põrsad jne.) kasvavad valguses paremini kui pimedas. Elustatud on valguses ka karvade ning küünte kasv. Valgustatud nahasse voolab rikkalikumalt verd. Eriti tugevasti toimivad ses mõttes ultravioletsed kiired: pärast naha kiiritamist ultravioletse valgusega võib toimuda naha rikkalikum verevarustus isegi hiljemini, mitme kuu vältel. Suurem naha verevarustus suurendab, nagu arvatakse, vastupidavust külma ja tõmbustuule vastu. Ühenduses elavama verevooluga nahas on higistus suurem, mis edendab kõlbmatute ainete eritust naha kaudu.

Päikesevalguse toimel muutub nahk tumedamaks, isegi tumepruuniks — ta **pigmenteerub**, s. o. rikastub värvainest. Pigment takistab valguskiirte sügavamale-tungimist, kaitstes rakke valguse kahjuliku toime eest. Teatavasti surmab päikesevalgus baktereid, takistab kiirgamise ajal kasvamist (taimed!) ja mõjub loomakudedesse isegi kahjulikult. Ollakse pigmenteerumata nahaga ühekorraga kaua päikesepaistel, siis tekib naha põletik, palavik, paistetud villid ja hiljemini langeb nahk tükkidena maha. Liiga kauasele kiiritusele võib isegi surm järgneda. Seepärast on pigmenteerumata nahaga alul tarvis ainult mõnikümmend minutit (soovitatakse isegi kõigest 10 min.) päikesepaistel viibida. Niipea kui nahk on juba küllalt pigmenteerunud, siis ei tee päikesekiired enam kahju.

Pigmenteerunud nahk on vastupidavam haiguslikele mõjudele. On tähele pandud, et tuulerõuged ja nahatiisikus tabavad pigmenteerumata nahka, kuna pigmenteeritud ala jääb terveks. Häid tagajärgi annab luutiisikuse ja nahatiisikuse ravimine valgusega. On parandatud seljaküüre ja mädanevaid tiisikusshaavu sel teel. Isegi haavu ja rahiiti (inglistõbe — luude puudulik luustumine) ravitakse valgusega (sageli kunstliku kõr-

guspäikesega). On leitud, et valguse (nimelt ultravioletsete kiirte) mõjul tekib nahas rahiidivastane vitamiin. Seepärast ei teki rahiit küllaldaselt päikesepaistel, samuti arenevad paremini hambad ja üldse luud. Valgus soodustab vere punaliblede tekkimist. Ta kahandab ka valu. Valguse puudus või vähene valgus mõjub rusuvalt, kuna ilus päikesepaistene ilm suurendab rõõmu (sume sügisene ilm ja päikeserikas suveilm!). Seepärast on kahtlemata soovitatav soojal aasta-ajal lasta päikesekiiril nahani tungida (päikesevannid, hõre särk, kerge rõivastus). Tuleb silmas pida, et harilik klaas ei lase ultravioletseid kiiri läbi, mispärast näiteks toas kinniste akende taga on puudus ultravioletseist kiirist. Hoogsalt on tõusmas klaasi ja elektrilampide valmistus, mis läbi lasevad ultravioletseid kiiri.

Kehategevuse korraldus.

Et organism suudaks püsida elusana, selleks peab tema elutegevus olema hästi reguleeritud. Keha — rakkude ühiskond — koosneb biljoneist rakkudest. Nagu riigis on tarvilik **töökorraldus**, nii on see kehaski. Kui toimetaks iga inimene ainult oma tahtmise järele, arvesse võtmata teisi inimesi, siis ei oleks võimalik ühiskonna elu. Ei ole võimalik vabrikute tegevus, elamute, sildade, raudteede jne. ehitamine, kui inimesed ei töötaks korraldatult, teatava kava järgi. Ei oleks mõeldav edukas põlluharimine, kui poleks neid, kes valmistavad tarvilikud riistad (adrad, masinad, elamutarbed jne.). Alles korraldatud **koostöö** võimaldab eduka põllunduse ja üldse eduka tarbeainete hankimise. Ühenduses seega võib rohkem inimesi elada. Samuti on lugu organismis. Siingi on töö rakkude vahel jaotatud ja üksikute kudede ning organite tegevus peab toimuma nimelt nii, nagu organismile tervikuna tarvilik. Kõndimisel, jooksul, tööl jne. peavad vastavad lihased täpsalt töötama. Suurema kehalise tegevuse korral (näit. jooksmine!) on kiirendatud südame tuksumine ja hingamine. Kehalisel tegevusel on nälj suurem ja see sunnib rohkem sööma. Veepuudus sunnib vett tarvitama. Seedimisel peavad korralikult töötama sülje-, mao-, soolte j. t. seedenäärmed, mao- ja soolelihased jne. Üldse kogu tegevus peab toimuma korrapäraselt ja hästi, alles siis võib organism püsida tervena.

Kehategevuse ja eluavalduste korraldamine toimub ühelt poolt ergukava, teiselt poolt sisenõristuse ehk sisesekretsiooni näärmete tegevuse tagajärjel.

I. Sisesekretsioon.

Sisesekretsioon ehk sisenõristus on nähtus, kus teatav nääre valmistab olluseid (hormoone), mis verre satuvad (sülje-,

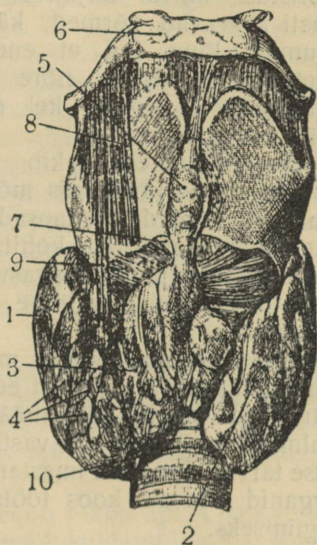
kõhu- j. t. seedenäärmete nõre ei satu verre, vaid seedekanalisse). Vere kaudu avaldavad need ollused mõju teistesse kehaosadesse.

Kilpnääre (joon. 125). Kilpnääre asetseb hingetoru ees ja kõrval, allpool kõri. Kui kasvaval loomal kilpnääre välja lõigata, siis jääb ta kasv seisma, seedetegevus viibib, nahk tursub. Kilpnäärme väljalõikamise järele muutub ka inimese nahk tursunuks, mõistus nõruneb ja jääb tõnksiks. Kilpnääre tekitab erilist ainet, mis **joodi** sisaldab ja see on tarvilik korralikuks kasvatamiseks ja ajutegevuseks. Kui kilpnäärmest valmistatud ekstrakti söödetakse või süstitakse haigetele, siis ta paraneb aegamööda. Valmistab kilpnääre liiga palju nõret, siis on ainevahetus kiirem, ajutegevus elavam. Süda töötab kiiremini ja erutub kergemini. Silmad on suurenenud, punnis. — Kuigi võrdlemisi väike organ, on kilpnääre väga suure tähtsusega ja terveks eluks peab ta tegevus toimuma teataval piiril.

Kilpnäärme läheduses asetsevad pisikesed **lisakilpnäärmed** (harilikult 4). Lõigatakse need välja, siis tõuseb ärritatavus, lihased tõmbuvad kramplikult kokku, refleksid on tugevamad. Loom sureb mõne päeva pärast.

Neerupealis. Ülevalpool neerust või otse neeru peal (118. joon.) asetseb nääre, milles tekib **adrenaliin**. Adrenaliini $[C_6H_3(OH)_2 \cdot CHOH \cdot CH_2 \cdot NH \cdot CH_3]$ soonisse süstimise järgi ahenevad väikesed tuiksooned ja ühenduses sellega tõuseb vererõhk. Neerupealiste väljalõikamise järele langeb vere rõhk ja keha temperatuur. Loom sureb varem või hiljem.

Harknääre asetseb rindkeres, kopsude ees ülevalpool. Ta on võrdlemisi kõige suurem noores eas. Harknäärme väljalõikamise järele on kasv aeglasem. Toruluud jäävad lühikeseks, nende otsad muutuvad paksuks ja lupjumine on puudulik, mispärast nad kergesti murduvad. Loom on lõtv ja väsis kergesti. Rikkalik harknäärme nõristus viivitab differentsumist, nii et laps jääb kaua lapselikuks. (Harknäärmega toidetud kullused kasvavad kaua ja suureks, enne kui nad konnaks hakkavad moonduma).



125. joon. Kilpnääre. 1: parem, 2: vasem sagar. 3: kitsus. 4: sagarikud. 5: püramiidsagar. 6: keeluluu. 7: sörmuskõhre side. 8, 9: lihased. 10: hingekõri.

Kõhunääre valmistab erilisi rakes sisesekreeti (insuliini; seega tegev peale seedemahlade tekitamisega), mis takistab suhkru tekitamist maksas. Lõigatakse ta välja, siis kaob tõke ja verre ilmub palju suhkrut, mis kuse kaudu eritub. Nii läheb väärtuslikku toitainet organismile kaduma.

Ajuripats (hüpofüüs) asetseb aju all (türgisadulas). On ta nõristus puudulik, siis jääb organism väikeseks, kääbuseks. Suurenenud nõristuse korral kujuneb hiidkasv, eriti tugevasti kasvavad sõrmed, käed ja jalad, nina ja alumine lõug, nii et endine iluduski muutub inetuks. Ajuripatsi nõre on suure tähtsusega ajutegevusel: loom, kel ajuripats kõrvaldatud, jääb totraks.

Sugunäärmeis tekib (peale sugurakkude) erilisi rakes nõre, mis mõjustab ergukava tegevust ja mõnede kehaosade kasvu. Sugunäärmeteta mehel (näit. kohitsetud) ei kasva habe; naha alla korjub palju rasva, nagu naistel; ainevahetus langeb; vaimne arenemine jääb puudulikuks.

Raseduse ajal tekivad munasarjas ollused, mis piimanäärmete kasvamist edendavad, nii et pärast sünnitust võivad rinnanäärmed edukalt piima valmistada. Seda on vastsündinud organismile otse tarvis. Seegi on imestamisväär näide, kuidas organid peavad koos töötama edukaks eluks ja sigimiseks.

II. Närvi- ehk ergusüsteem.

Organismi tegevuse korraldamisel etendab eriti suurt osa närvisüsteem. Ta juhib lihaste (jäsemete, hingamis-, seedimis-, südame-, soonte- j. t. lihaste) tegevust ja ka näärmete (seedeorganite näärmete, sisesekreetsiooni, nahanäärmete) tegevust.

Seljaaju tegevus kuulub lihtsama ergutegevuse hulka. Ta on nimelt tahtetute liigutuste — ref-



126. joon. Seljaaju eest. 1: ajusild. 2—4: piklikaju osad. 5: silmapööraja-ergu tüvi (VI. paar). 6: keelealuse närvi tüvi (XII. p.). 7: kaelapaisumine. 8: nimmepaisumine. 9: lõppniit. 10: eesmine lõhe. 13, 14: kaelaergud. 15: rinnaergud. 16: nimmemergud. 17: ristlue-ergud. 18: õndraergud.

lekside kese (vt. 56. lk.). Seljaaju peitub selgrootülidest moodustatud torus, olles seal kaetud kolme kelmega (ämblikuvõrk-, pehme ja kõvakelme). Ta on kahest kohast jämedam ehk paisunud, nimelt kaela- ja nimmeosas (126. joon.). Seljaaju ulatub all ainult teise nimmelülini, lõppedes seal peenikese koonusena. Ees ja taga on seljaajul vagu ehk lõhe, ees sügavam. Seljaaju keskel on hall ollus, väljaspool valge ollus. (Keskel leidub õige peenike toruke, mis on ühenduses aju koobastega). Seljaajust eest ja tagant väljuvad juurtena ergud. Eesmised (liigutus-) ja tagumised (tunde-) juured liituvad varsti pärast selgroo-kanalist väljumist. Seljaajust läheb välja üldse 31 paari erkusid, igaüks iselülivahelisest august. Liigutusergud ergustavad (innerveerivad) lihaseid, mis töötavad tahte järele (jäsemete, kere jne. lihased). Jäsemesse läheb mitu erku, mitmest juurest, mis pärast lülivahede aukudest väljatulekut ühinevad, moodustades põimiku. Tagumiste juurte kaudu tulevad erutumused seljaajju kõige pealt nahalt. Naha, kõõluste ja lihaste ärritusele järgnevad refleksid, mis kõik seotud seljaajuga. Seismisel, kõndimisel jne. toimuvad alaliselt refleksid, mis masinlikult neid liigutusi korraldavad. Iga kõrvalekaldumine masinlikust korrapärasusest (viivitus või kiirustus käigul, jäseme kõrgemale tõstmine tõkkest hoidumiseks jne.) nõuab suuraju kaastegevust.

Aistingutega ja tahteliste liigutustega seotud erutumuste ajju ja ajust välja juhtimiseks on seljaajus vastavad ergukiud, nimelt seljaaju valges olluses (ees enamasti psühhomotoorsed, taga sensoorsed teed). **Peaaju** osad on piklik aju, ajuke ehk väikeaju ja suuraju.

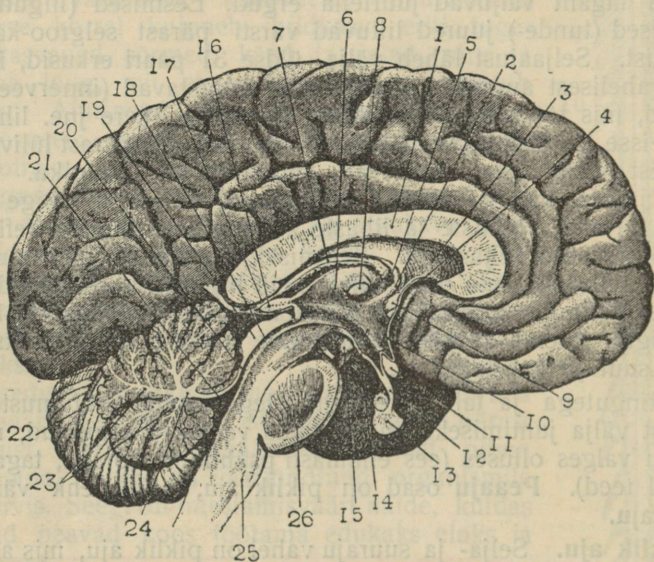
Piklik aju. Selja- ja suuraju vahel on piklik aju, mis asetseb koljuõõnes kuklaluu alusosa peal, eelpool kuklamulku. Piklikus ajus on nagu seljaajuski keskel hall ja väljaspool valge ollus. Suur hulk erguharusid (eriti liigutustega seotud) piklikus ajus lähevad paremast ajupoolest vasemale seljaajju ja vasemalt suurajust paremale seljaajju (**ristumine**). Kui näiteks tõsta paremat kätt, siis läheb erutumus välja vasemast suuraju poolest. Ja kui näiteks on halvatud vasem külge (jäsemed), siis võib selle põhjuseks olla vastaspoole, s. o. parema suuraju-poole vigastus.

Piklikus ajus peitub **hingamisliigutuste kese** ehk tsentrum, mis erutub vere happesuse tõusu korral. Pikliku aju purustusele järgneb peaaegu silmapilkne surm, sest siis soikub hingamine. Piklikus ajus peituvad veel neelamise, imemise, mälumise, süljenõristuse, pisaratenõristuse, kõhimise j. t. kesked. Peale nende leiduvad selles ajuosas kesked soonte ahendamiseks, südamegevuse pärssimiseks ja vere suhkrusisalduse korraldamiseks. Piklikust ajust algab rida erkusid. Neist on eriti tähtis **uiterk** (n. v a g u s).

Piklik aju, üldse aju tüviosa juhib n. n. **automaatseid liigutusi**.

Automaatsete liigutuste hulka kuulub hingamine, soolte- ja maoliigutused, südame tegevus, soonte ahenemine jne. Neid liigutusi me sageli ei märkagi.

Automaatsed liigutused ei ole tahtelised, nagu reflektiivsedki. Kuid automaatsed liigutused ei teki väliste ärrituste tagajärjel, nagu refleksid, vaid neid põhjustavad seesmised ärritused.



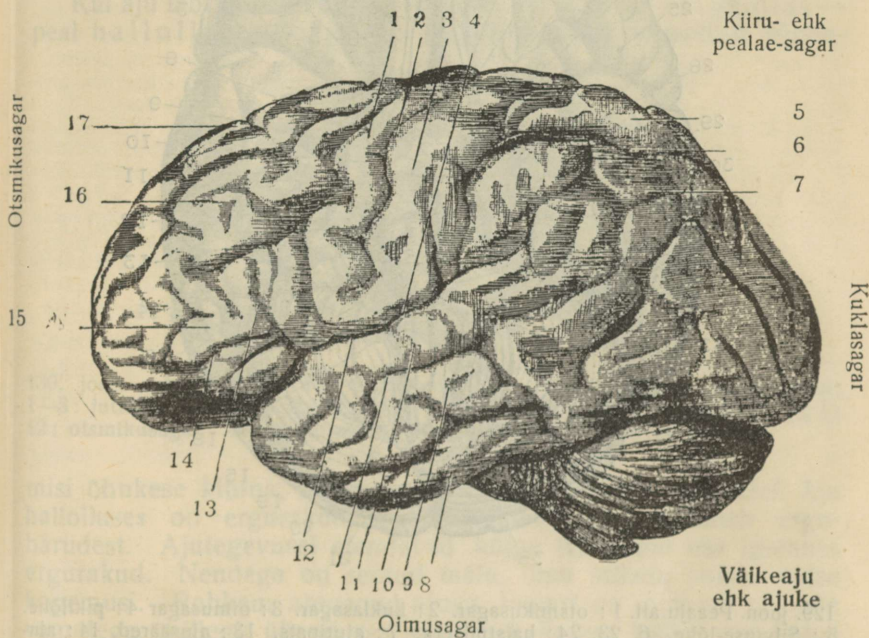
127. joon. Vasem peaaaju poolkera keske poolt (poolkerad keskest lahti lõigatud). 1: mõhnkeha. 6: III-as ajuvatsake. 11: nägemiserkude ristumine. 13: ajuripats. 19: neliküngastik. 23: elupuu. 24: ajukese valgeollus. 25: piklik aju. 26: ajusild.

Nii näiteks ärritab vere happesuse tõus (CO_2 rohkenemine veres!) hingamiskeset, millele järgnevad hingamisliigutused. Söömata olekul erutuvad vastavad ergud ja magu hakkab kokku tõmbuma („näjakokkutõmbed“). Automaatsed liigutused on harilikult korrapärased ehk rütmilised.

Ajuke ehk **väikeaju** (127. joon. 22—24) asetseb kuklaluu peal suuraju all. Ta koosneb kahest poolest. Ajusäärte abil on ta ühenduses suur- ja piklikajuga. Ajukese pinnal on hall ollus, keskel valge ollus, mis harunevat puud meelde tuletab (elupuu, arbor vitae).

Väikeaju ülesandeks tuleb pidada peenemat liigutuste korraldamist. Hästi on arenenud ajuke lindudel ja kaladel. Nimetatud loomadel tuleb oma keskkonnas peenelt tasakaalu hoida. Ühelt

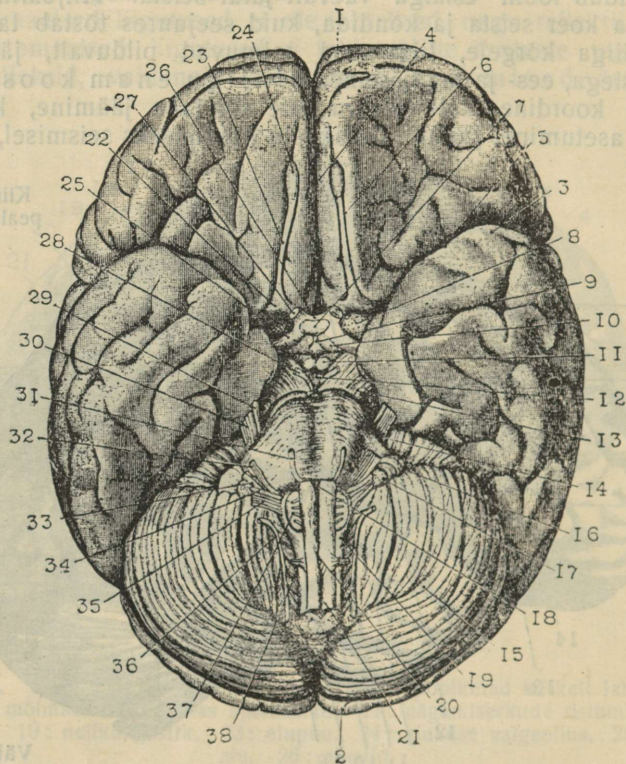
poolt ajukese väljalõikamisele järgneb looma liigutuste korratus: ta hakkab sagedasti koha peal ümber keerlema või kõigutab keha, nagu kella tikatsit (sundliigutused), või jälle silmad liiguvad tikatsitaoliselt kahele poole. Pärast kogu ajukese väljalõikamist suudab loom esialgu vaevalt jalul seista. Hiljemini võib ajukeseta koer seista ja kõndida, kuid seejuures tõstab ta sageli käppa liiga kõrgele, liigutused toimuvad pilduvalt, järsku ja pingutustega, ees- ja tagajäsemed ei liigu enam kooskõllaliselt, koordineeritult (ülearu ette või taha jäämine, kaugele kõrvale asetumine, jne.). Tasakaalu hoidmiseks seisemisel, kõndi-



128. joon. Aju külje poolt. 1, 3: keskekäärud ja keskevagu (2). 4, 12: Silvuse-lõhe. 5—7: kiirukäärud. 8, 9, 11: oimukäärud ja vagu (10). 15, 16: otsmikukäärud. All paremal ajuke.

misel või jooksmisel peab lihaste tegevus olema väga täpsalt korraldatud. Iga liikumisel tegev lihas peab kokku tõmbuma teataval momendil, teatava aja vältel ja teatava jõuga, nii et teostuks **harmooniline** lihaste **koostöö**. Niipea kui mõni lihas tõmbub kokku liiga tugevasti või mitte kohasel ajal, on korrapärane käik või jook võimata. Lihaste pingutusel tekib erutumus kõõluseis ja liigeseis asetsevais erguotsis, samuti tekivad liikumisel ja ühenduses pea seisundi muutumistega erutumused seesmise kõrva poolringkanaleis ja esikus. Need erutumused

kulgevad ajukeseni ja nende kohaselt korraldab siis ajuke lihaste tegevust, sõltumata tahtest. Libistutakse või komistutakse, siis teevad jäseme ja kerelihased sageli väga osavaid liigutusi, et hoiduda kukkumast. Seejuures ei mõtle keegi, et see jäse peab



129. joon. Peaaju alt. 1: otsmikusagar. 2: kuklasagar. 3: oimusagar 4: pikilõhe. 5: Silviuse-lõhe. 6, 23, 24: haistmiserk. 7: ajuripats. 13: ajusääred. 14: ajusild. 15: ajukese poolkera. 19: piklikaju. 21: seljaaju. 25—27: nägemiserk. 28: silmaliigutaja-erk. 29: plokierk. 30: kolmikerk. 31: silmapööraja-erk. 32: näoerk. 33: kuulmiserk. 34: keeleneelu-erk. 35: uiterk. 36: lisarkerk. 37: keelealune-erk. 38: esimene seljaaju-erk.

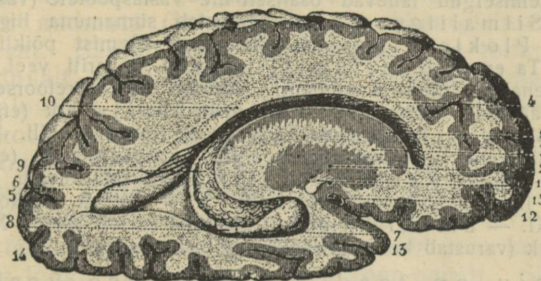
nii, teine teisiti jne. oma liigutusi tegema. Väikeaju on seega kõrgem liigutusreflekside kese.

Suuraju (128. joon.) täidab suurema osa kolju õhnest. Suuraju on jagatud sügava **pikilõhega** kaheks ühesuguseks (sümmeetriliseks) **poolkeraks**. Poolkerad on teineteisega ühenduses mõhnkeha kaudu (127. joon.) mis koosneb erguharudest (valge ajuollus). Allpool väikeaju, ülemise osa ees, on aju poolkerade ühenduseks veel aju sild (127. ja 129. joon.). Aju pinnal on näha

hulk **vagusid** ja **lõhesid** (sügavad vaod). Vagude vahel asetsevad kumerad **käärud**. Lõhed jaotavad aju **sagarateks**. Ees seisab otsmikusagar, keskel kiiru- ehk pealaesagar, taga kuklasagar, külje pool oimusagar (128. joon.).

Kummagi aju poolkeras on õõs (130. joon.), mis avaneb aju keskkeha all olevasse õõnesse — III-dasse ajuvatsakesse. III ajuvatsakese all sadula peal on **ajuripats** (*hypophysis*), mis hormooni kaudu veresooni ja kasvamist mõjustab. III-dast ajuvatsakesest viib toruke (aju veejuha) tahapoole IV-dasse ajuvatsakesse, mis asetseb väike- ja piklikaju vahel. Üleval pool veejuha asetseb neli-küngastik (127. joon. 19).

Kui aju läbi lõigata, siis on näha, et aju sees on valgeollus — peal hallollus (130. joon.). Hallollus katab valgeollust võrdle-



130. joon. Ajupoolkera eest-tahapoolne lõik, läbi külgmise ajuvatsakese. 1—3: juttkeha, hallollus aju keskel. 4—9: külgmise ajuvatsake sarvedega (4, 5). 12: otsmikusagar. 13: oimusagar. 14: kuklasagar. 15: Silviuse-lõhe.

misi õhukese kihina, sügavamale tungides vagude kohtadel. Aju hallolluses on ergurakud, kuna valgeollus koosneb erguharudest. Ajutegevusel etendavad kõige tähtsamat osa igatahes ergurakud. Nendega on seotud mälu, ilma milleta poleks üldse kogemusi. Rohkem arenenud ajuga loomil on ajupind rohkete vagudega, millega ühenduses suurem halloluse hulk: vao kohal tungib ta sügavamale keske poole. Kohati leidub hallollust isegi sügavamal aju sees (juttkeha, 130. joon.). Erguharud loovad ühenduse ehk sideme ergurakkude ja nende rühmade vahel. Harilikult lähevad neuriidid teatavalt rakkuderühmalt — keskest — enam-vähem paralleelse kimbuna teise keskeni. Nad moodustavad n. n. **assotsiatiivsed** ehk sidestumis- (aheldumis-) teed.

Aju on kaetud kolme kelmega. Otse aju külge puutub pehme kelme. Ta läheb ka vagudesse ja uretesse. Temas on palju veresooni, mis ajurakkudele toitu viivad. Pehme ajukelme peal on **ämblikuvõrkkelme**, mis vagudesse ei ulatu. Pehme ja võrkkelme vahel on mahla sarnane vedelik. Kõige peal on **kõvakelme**, mis pealuuga kokku kasvanud. Ainult poolkerade vahelise lõhe ja suure ning väikese aju vahel vabaneb kõvakelme koljust ja lahutab nimetatud osad. Kõvakelme on aju osadele toeks. Kohta-

des, kus ta pealuust vabaneb, tekib kummagi kelmelehe vahel loik, kus tõmbsooneline veri voolab.

Peaajust algab 12 paari erkusid (osalt suurajust, osalt piklikajust). Mõned neist on tundeergud, mõned liigutusergud. Tähtsamad tundeergud on haistmis-, nägemis- ja kuulmisergud. Uitergus (X. paar, piklikajust) leiduvad niihästi tunde- kui ka liigutuskuid. Uiterk on tähtis sisikonna erk. Uitergust lähevad harud kurgu, kopsu, südame, söögitoru, mao ja soolte juurde. Nagu eespool öeldud, päsib uitergu ärritus südametegevust, kiirustab mao- ja soolteliigutusi, tekitab maomahla nõrjustust. Uiterk on kopsu tundeerk, mis erutub kopsude laienemisel ja koomale-tõmbumisel ning tekkinud erutumuste kaudu mõjustab hingamisliigutusi.

Peaaju ergud on järgmised: I. — **haistmiserk** (harud läbi sõelluu ninaõõnesse, haistmiseks). II. — **nägemiserk** (moodustab silma võrkkesta, nägemiseks). Nägemisergud lähevad osaliselt üle vastaspoolele (vasem paremale jne.). III. — **Silmaliigutaja-erk** (ergustab silmamuna liigutavaid lihaseid). IV. — **Plokierk** (ergustab silmamuna ülemist põiklihast). V. — **Kolmikerk**. Ta ergustab mälumislihaseid ja eriti veel tundeerguna varustab palgenahka, nina- ja suuõõnt. Sisaldab ka sekretoorseid, nõrjustus- ja süljenäärmete jaoks. VI. — **Silmapööraja erk** (ergustab silma välimist sirgelihast, mis silmamuna külje poole tõmbab). VII. — **Näo erk** (ergustab näolihaseid ja süljenäärmeid). VIII. — **Kuulmiserk** (ergustab seesmist kõrva). IX. — **Keele-neeluerk** (liigutuskuid neelu, keele ja suulae pehmeosa liigutusteks; maitsekiudusid). X. — **Uiterk** (sisikonna tunde ja liigutuserk). XI. — **Lisa erk** (ergustab pealmisi kaelalihaseid). XII. — **Keelealune erk** (varustab keele lihaseid liigutuskuidudega).

Suuraju on teadliku tegevuse keskkohaks. Kõik liigutused, mis tahte järele toimuvad, aistingud ja tunded, mõtlemine, arusaamine, äratundmine, mälu — kõik see on seotud suurajuga. Kui konnal suuraju välja lõigata, siis seisab ta järgmistel päevadel liikumata paigal. Tal puudub mälu. Temale võib käe ligi panna, kuid ta ei karda enam: ta ei saa aru. Kuid niipea kui ta jalga suruda, hüppab ta kohe ära. Ärritus läks seljaajju, kust ta liigutuserkudesse edasi tungis. Seljaaju on vigastamata, sellepärast on refleksid alal. Nad on päälegi märksa tugevamaks muutunud. Aju avaldab nii siis **pärsiv** ehk takistavat mõju reflekside peale. Konn võib ajuta isegi üle aasta elada, kui on kohased tingimused. Tuvi, kui kõrgemal astmel oleva looma suuraju väljalõikamisel võib märgata suuremaid korratusi. Suurajuta tuvi istub liikumata ühel kohal. Ta ei oska enam teri nokkida, mispärast teda kunstlikult tuleb toita. Ta võib terahunniku otsas nälga surra. Kära ega ähvardavad liigutused ei avalda ta peale mingit mõju, kuna loomulik tuvi põgeneb või avaldab hirmu tundemärke. Ainult siis, kui ta külge puutuda, lendab ta eemale ja suigub edasi. Koer, kellel suuraju täielikult välja lõigatud, on kaotanud kõik oma varemad kogemused. Ei tunne ta enam oma pererahvast ega kedagi teist. Mitte midagi ei suuda ta enam õppida. Ei liigu ta vabatahtlikult, spontaanselt. Kui aga on veel alale jõe-

tud juttkeha, mis asetseb aju alusosas, siis suudab koer pika-peale vähe õppida (koer, kes nii 3 aastat elas, õppis käppa tõstma — kauase harjutuse järele, ootas toitu, haaras kärbse järele). Üks ilma suurajuta sündinud laps elas üle 3 aasta, kuid ta ei õppinud midagi, kuna kolmeaastane normaalne laps teab juba palju, tunneb palju asju, inimesi, räägib jne. Sääraste uurimuste ja andmete alusel on kindel, et **mõistus** ehk vaimne tegevus on **lahutamata seotud suurajuga**. Mõistus on ajutegevus.

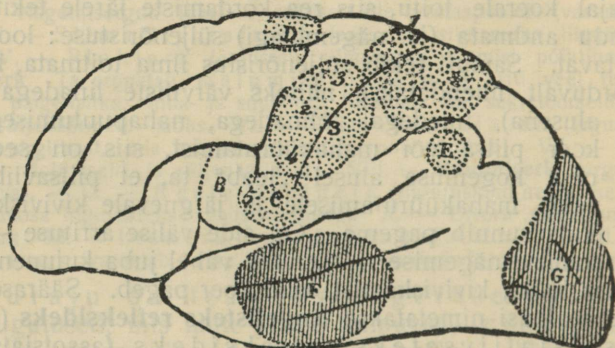
Ajutegevus on lahutamata seotud väliste ärritustega. Kui näiteks toob talitaja koerale toitu, siis mõne aja pärast tekitab talitaja tulek iseenesest (ilma toitu saamata) koeral süljenõristuse ja isu. Võib öelda, et koer leidis olevat sideme talitaja ja toidusaamise vahel. Lastakse kuuldavale mõni heli ja antakse samal ajal koerale toitu, siis rea kordamiste järele tekitab heli ilma toidu andmata (ja nägematagi) süljenõristuse: loom näib toitu ootavat. Samuti tekib süljenõristus ilma toitmata, kui toitmist korduvalt ühendatakse näiteks värviliste linadega (toidu- anuma alusena), tuledega, lõhnadega, nahapuutumisega jne. Kardab koer piitsa või mahaküürutamist, siis on see sama nähtus: oma kogemuse alusel „teab“ ta, et piitsaviibutusele järgneb valu, mahaküürutamisele ja järgnevale kiviviskamisele samuti. Valu sunnib pagema. On side välise ärrituse — piitsa või küürutamise nägemise — ja valu vahel juba kujunenud, siis pole tarvis lööki, kiviviskamist, kuid koer pageb. Sääraseid ajutegevuse avaldusi nimetatakse **tingelisteks refleksideks** (Pavlov) ehk **assotsiatiivseteks refleksideks** (assotsiatsioon!). Tingelised ehk assotsiatiivsed refleksid ei ole mitte lahutamatult kaasa sündinud ega masinlikud, nagu näit. seljaajuga seotud refleksid. Loom **omandab nad** oma elu vältel, ta omandab kogemuse, õpib. Need refleksid tekivad teatavil tingimusil ühenduses teatava värviga, vormiga, lõhnaga, helidega jne. ja kaovad, kui muutuvad tingimused (seepärast tingelised refleksid). Vormid, värvid, lõhn, helid, temperatuur, nahaärritused — kõik need on välised ärritused ja ajutegevus seisab kõige pealt nende **eraldamises**, analüüsis, nende tundmises, sidumises enese eluavaldustega (nälgaga, januga, valuga, mõnuga jne.).

Välised ärritused tabavad meelegaorganeid (silma, kõrva, nina, keelt, nahka). Meelegaorganite erguotsad erutuvad ja neist kulgeb erutumus suurajju. Nii tulevad erkude kaudu välisest ilmast (samuti ka kehast enesest — nälg, janu!) mitmekesised „teated“ suurajju ja suuraju on tegev nende erutumuste ehk „teadete“ kohaselt. Suuraju peab omandama kogemuse, millised välimusega ja lõhnaga esemed kõlbavad toiduks, millised tegurid võivad tekitada valu jne.

Üksikute hallolluse käärude ülesanded on erinevad. Keskevaio (otsmiku ja kiirusagara vahel) ligiduses asetsevad **liigutuste**

(käte, jalgade, keele, näo jne.) ehk **psühhomotoorsed** kesked (131. joon.). Kui neid elektriga ärritada, siis tõmbuvad lihased vastavas kehaosas kokku. Kui näit. ärritada parempoolse aju poolkera jala keset, siis liigub vasem jalg. Põhjuseks see-sugusele nähtusele on piklikus ajus toimuv ristumine. Aju liigutuskääru vigastamise tagajärjel kaotab teatav liigutusorgan oma liikuvuse (halvatus — peaaegu h.). On ajus käe liigutuste kese vigastatud, siis ei saa kätt enam tahtmise järele tarvitada. Ta võib väliste ärrituste mõjul ainult reflektiivselt liikuda (seljaaju vigastamata l).

Tahteline liigutus on märksa keerukam kui refleks. Võetakse näiteks raamat laualt, siis tuleb kätt sirutada, mis peab ulatuma



131. joon. Aju küljepoolne pind kesetega. A: tagumise jäsme liigutus-kese 1: suure varba liigutus-kese. B: esimese jäsme liigutus-kese. 2: küünarvarre ja käe. 3: õlavarre lihased. 4: põidla lihased. C: palge. 5: keele. D: pea ja kaela lihased. E: silmalauagude. F: kuulmiskese. G: nägemiskese.

ainult teatava kauguseni, tuleb sõrmi painutada, tõsta teatava kõrguseni jne. Iga üksiku liigutuse juures oli sel korral mitu lihast tegevuses. Liigutuse kese **korraldab** (koordineerib) kõik need liigutused järjekorras aja ja ruumi järele. Ta korraldab veel liigutuse tugevuse.

Käe liigutuste korraldamiseks on tarvis teada, kus käsi on, kui kaugele ta milgi silmapilgul on jõudnud jne. Kõik see-sugused teated tulevad aju keskeisse tunde-erkude kaudu. Nii teame isegi pimedas, kus me käsi ja jalg jne. Kui tunde-ergud on katki lõigatud, siis on liigutuse juhtimine võimatu, sest siis ei saa aju kese teateid liigutatavast organist. Pikema aja järele õpitakse liigutusi tegema teiste meeleorganite abil. On käsi tundlikkuse kaotanud (tunde-ergud vigastatud), siis ei ole pimedas võimalik kindlaks määrata tema asukohta ja siis on võimata kontrollida ning koordineerida tema liigutusi (asjade kukkumine

käest!), kuna valguses on see võimalik silmade kontrolli all. Tundeta käe asendit pimedas ei teata!

Tahtelised liigutused sõltuvad suurajust ja nad toimuvad lodusasti alles **õppimise** tagajärjel, mis juba lapsena algab. Peenemad liigutused (viulimäng!) toimuvad sageli väga täpsalt. Liigutuse kese suudab juhtida liigutusi alles küllaldase harjutuse järele. Lihaste kokkutõmmetel tekivad erutumused lihase, kõõluste, liigeste ja naha erkudes (mehaaniline ärritus!) ja need kulgevad tunde-erkusid mööda ajju. Liigutuse kese kontrollibki nüüd liigutust nende erutumuste järgi, mis lihaseist jne. tulevad. Kui aga ajju tarvilikke erutumusi ei tule, siis ei suuda kese liigutust kontrollida ja juhtida või teeb seda osaliselt teiste meelte abil (nägemise abil, nagu selgitatud).

Suurajus asetsevad ka meeleorganite ehk **psühhosensoorsed** kesked. Välise ilma tegurid ja eriti muutused ärritavad meeleorganeid (silma, kõrva, nina, nahka jne.). Meeleorganeis tekkinud erutumused kulgevad suurajuni. Need erutumused ongi alus, millel areneb suuraju tegevus.

Satub näiteks samal ajal ajju erutumus maitseorganilt ja kuulmisorganilt, siis tekib alade vahel, mis ajus erutuvad, side, ühendus: kujuneb **tingeline refleks**. Erutumus maitsemisorganilt kulgeb süljenäärmeisse ja põhjustab süljenõristuse. On side — assotsiatsioon ehk tingeline refleks kujunenud, siis kulgeb erutumus kuulmisorganiltki süljenäärmeisse, nii et kuulmisärritus võib põhjustada süljenõristuse (taldrikute klirin jne!). Assotsiatiivsed ehk tingelised refleksid ongi see, mida me nimetame arusaamiseks, taipamiseks.

Erutumused meeleorganeist satuvad ajus teatavaisse keskesse, nii et on erikesked nägemiseks, kuulmiseks, haistmiseks, maitsemiseks, kobimiseks, külma- ja soojaaistmiseks jne.

Nägemise kese asetseb kuklasagaras, kuulmise kese — oimugasagaras, haistmise kese — aju alumisel ja sisemisel küljel, puutumismeele kese arvatavasti sealsamas, kus psühhomotoorsed kesked.

Nägemise keske vigastuse korral ei saa haige sellest aru, mis ta silmaga näeb (silma on terve, temas tekivad asjade kujutised). Kui mõlemapoolsed nägemise kesked vigastatud, siis ei tunnegi haige oma puudust, tal ei ole asjadest mingit nägemiskujutelma. Seda nähtust nimetatakse (aju-) **koorepimeduseks**. Pimeduse korral, mis tekkinud silma rikete või nägemisergu vigastuste tagajärjel, on haigel kujutelmad nähtud asjust olemas. Mis ta enne pimedaksjäämist on näinud, see on tal meeles, seda võib ta meelde tuletada ja kirjeldada. Koorepimeduse korral ei suuda haige midagi nähtud asjust meelde tuletada.

Mõnel juhul näeb inimene kõiki asju, kuid ta on mõne vigastuse tagajärjel ära kaotanud näit. tähtedest arusaamisvõime. Ta ei tunne enam tähti, ei oska enam lugeda, ehk ta küll näeb (võib ära kirjutada). Puudub võime meelde tuletada. Samuti

teatava nägemise keske vigastusega koer ei põrka millalgi asjade vastu, sest ta näeb neid, kuid ei tunne, ei saa neist aru: ta ei reageeri piitsa, talitajat, toitu jne. nähes. Säärast nähtust, kus nägemisvõime olemas, kuid kadunud on meeldetuletusvõime ehk arusaamine nähtavast, nimetatakse **hingepimeduseks**.

Samuti võib teatava vigastuse korral kaduda häälest arusaamine, kuna inimene ise räägib ja kuuleb. Ta kuuleb hääli ja sõnu, kuid sõnad on tal arusaamata kõla. Siit näeme, et nägemine ja kuulmine on teine asi kui arusaamine sellest, mis nähakse ja kuuldakse.

On kuulmise kese täiesti vigastatud, siis on kuulmine üldse võimata. See on (aju-) **koorekurtus**. On aga kuulmine võimalik, kuid puudub arusaamine kuuldavast, siis on see **hingekurtus**. Kuulmisel ja nägemisel on kesked tegevad, kuid et toimuks arusaamine kuuldust ja nähtust, selleks peavad korras olema ühendused, assotsiatiivsed teed teiste kesetega. Nägime ju, et tingeliste reflekside tekkimisel kujuneb side eriliste kesete vahel (näit. maitstmise ja kuulmise keske vahel).

Suuremad alad ajust, nagu otsmikusagar, osa kiiru- ja oimusagarast, ei ole psühhomotoorsed ega -sensoorsed kesked. Neid nimetatakse **assotsiatiivseiks keskeiks**. On arvamusi avaldatud, et neis toimub kõrgem ajutegevus, eriti mõtlemine (intelligentsi asend). Ei saa aga olla kahtlust, et mõtlemisel on tegevad väga mitmekesised kesked, eriti meeleanalüüsi kesked: mõtleme ju ikka selle alusel, mis nähtud, kuuldud, maitstud jne. Otsmikusagara vigastusel (sõjas, loomil) on kahanenud mõtlemisvõime, tähelepanu koondamine, kontsentratsioon. Samuti puudulik on siis teotsemiskih, tahe tegevuseks.

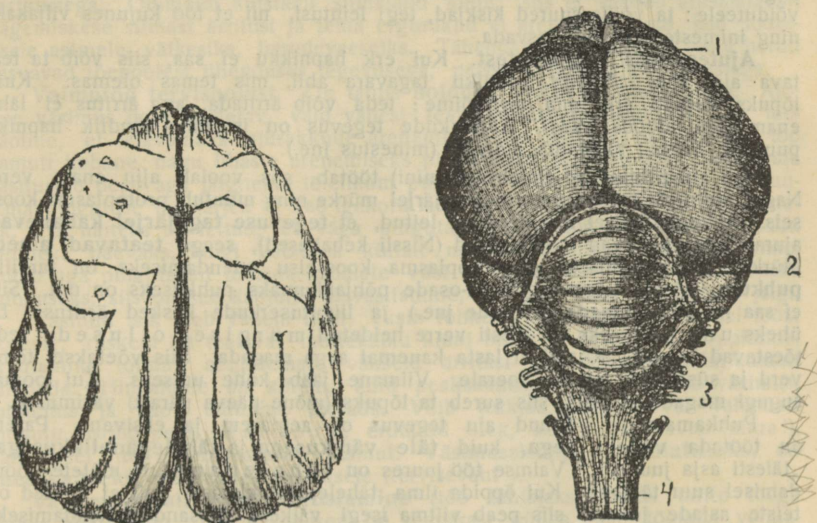
Ajutegevus on väga keerukas, tüsiline. **Rääkimine** näib küll olevat lihtne, aga tegelikult on siin tegevad rida keskeid ja lihaseid. Oletame, et meil tekib kujutelm roosist. Kujutledes roosi, tuleb meelde tema värvus, vorm, suurus, lõhn jne. (vastavate meeleanalüüsi kesete mälestused).

Peab veel meelde tulema, kuidas roosi nimetatakse, sest kui juhtub, et on ununud sõna „roos“, siis ei saa me teda nimetada. Ajus peab ilmuma kujutelm liigutustest, mis selle sõna väljaütlemiseks tuleb teha, ja „käsud“ ehk erutumused lähevad kurgu, keele, huulte ja teiste lihaste juurde, mis on tegevad sõna väljaütlemisel. Selle nähtuse juures on tegevad nägemise (kuju jne.), kuulmise (sõna kõla) ja liigutuste kesked, kõik pea-aegu ühe korraga.

Mitme keske kaastegevusel tekivad kujutellad. Kujutellakse viiulit, siis tekivad kujutellad tema häälest (kuulmiskese), tema vormist ehk kujust (nägemiskese) ja tema pinna omadustest (kõbimiskese). Seega toimub ajutegevusel imestamisväärt **koostöö kesete vahel**.

Ajusuurus ja mõistus. Inimese aju kaalub keskmiselt 1400 g ümber. Suurem aju on sagedasti ühenduses suuremate annetega, kuid siiski on võrdle-

missi väikesegi ajuga inimesed olnud andekad. Arvatavasti on suure tähtsusega aju vagude hulk, millega seotud hallolluse hulk. Rohkete vagudega väikegi aju võib olla rikas hallollusest, mis ergukava tegevusel kõige tähtsam. Paljudel vaimukail teadlasil ja leitudajail on olnud aju suur ja sellel rohkesti käärusid (Turgenjev 2012 g, Byron 1807 g, Kant 1650 g, aga Liebig 1352 g). Valgel



132. joon. Koera (vasemal) ja linnu aju. 1: poolkerad. 2: ajuke. 3: piklikaju. 4: seljaaju.

tõul on aju üldiselt suurem kui primitiivsemal rahvail (austraallased näit. 1111—1214 g). Peale selle on viimaseil aju vähem kääruiline.

Imetajail loomil on aju märksa vähem ja vähem kääruiline kui inimesel (vaala ja elevanti aju on erandina suurem inimese ajast — suure lihaskonna juhtimine! — kuid gorilla või orang-utani aju on juba palju vähem, 400 g ümber). Seejuures on aga kõrge-mail imetajail aju ikkagi võrdlemisi suur ja kääruerikas. Lindude ja teiste madalamate selgrooliste suuraju poolkerad on täiesti ilma käärudeta (132. joon.). Väljasurnud hiigelroomajail oli suuraju hoopis väike. Üldse on roomajail (133. joon.), kahepaikseil ja kalul suuraju, võrdlemisi teiste ajuosadega, koguni vähe arenenud.

Madalamate loomade lihtsamale ajule vastab lihtsam ehk madalam ajutegevus. Koerad ja paljud teised imetajad võivad elu kestusel mitmesuguseid toimetusi juurde õppida. Koer õpib kodurahvast tundma, karja hoidma, jahti pidama, istuma, kõiksugu kunsttükke tegema jne. Sisalik ega konn ei suuda seda kõike mitte õppida. Nende ajutegevus on palju lihtsam. Selgrootud loomad ei suuda üldse midagi olulist juurde õppida. Putukad on tupest välja tulles peaaegu nõndasama „targad“ kui



133. joon. Sisaliku aju. 1: poolkerad. 2: ajuke. 3: piklikaju. 4: seljaaju.

viimaseil elupäevil. Kui vähil kääridega tundlite otsast tükke ära lõikuda, ei õpi ta mitte aru saama, et käarid talle valu teevad. Selgrootute toimetused on peamiselt instinktiivsed ehk loomusunnilised; nad on **päritud**, kaasa sündinud. Selgroolised õpivad elu-jooksul hädaohtu tundma, saaki püüdma jne. Inimene õpib kõige enam. Instinktiivsed tegevused etendavad inimese elus vähemat osa kui loomade elus. Ühiskondlik elu võimaldab kogemuste kuhjumise, mõistuse eduka arenemise ja see on viinud inimkonna võiduteele: ta võitis suured kiskjad, tegi leiutusi, nii et töö kujunes viljakaks ning inimeste arv võis kasvada.

Ajutegevuse tingimustest. Kui erk hapnikku ei saa, siis võib ta teatava aja veel töötada hapniku tagavara abil, mis temas olemas. Kuid lõpuks kaotab erk oma teguvõime: teda võib ärritada, aga ärritus ei lähe enam erku mööda edasi. Ajurakkude tegevus on iseäranis tuudlik hapniku puuduse vastu: tumestub mõistus (minestus jne.).

Kui aju tõhtsamini (intensiivsemini) töötab, siis voolab ajju enam verd. Nagu harilikult, tekib tegevuse tagajärjel mürke ning muutub protoplasma koosseis. Mikroskoopilisel uurimisel on leitud, et **tegevuse tagajärjel kahanevad** ajurakkudes teatavad moodustised (Nissli kehakesed), seega **teatavad ained**. Mürkide kõrvaldamiseks ja protoplasma koosseisu uuendamiseks on tarvilik **puhkus**. Aju ja teiste ergukava-osade põhjalikumaks puhkuseks on uni. Siis ei saa meelte (silmade, kõrvade jne.) ja liigutuserkude kesked ärritusi. Et üheks uue põhjuseks on tõesti verre heidetud mürgised ollused, seda tõestavad katsed. Koeral ei lasta kauemat aega magada. Siis võetakse tema verd ja süstitakse teisele koerale. Viimane jääb kohe uniseks. Kui loomal sugugi magada ei lasta, siis sureb ta lõpuks (mõne päeva pärast) väsimusse. —

Puhkamata ja väsinud aju tegevus on aeglasem ja eksivam. Parem on töötada **vähem aega**, kuid **täie värskusega ja tähelepanelikkusega**, „täiesti asja juures“. Vaimse töö juures on tähelepanu ja mõtete koondamisel suur tähtsus. Kui õppida ilma tähelepanelikkuseta, nii et mõtted on teiste asjade juures, siis peab viitma isegi väikese ülesande lahendamiseks palju aega. Kui aga õppida suure tähelepanelikkusega, koguda kõik mõtted asja juurde, siis aitab harilikult juba ühekordsest lugemisest. Õppimisel ei pea kiiresti lugema, sest siis ei saa kõiki üksikasju tähele panna. Kõige paremini seisab mees see, mida me oleme hästi tähelepanelikult ja huviga kuulanud, vaadeldud või teinud. Suurte huvidega ehk elava vaimuga inimene on harilikult osav tähele panema ja ta mäletab ning teab palju. Mõnigi looduse nähtus, raamat või ettekanne paistab olevat igav sellepärast, et puudub huvi ja ei osata tähelepanu koondada. Osav ja tähelepanelik vaatleja leiab kõige lihtsamal looduse-nähtuses ja kõige lihtsamal ümbruses küllalt tähelepanuväärilist ja huvitavat. Kahtlemata on võimalik arendada **vaatlusoskust**. Seda nimelt sel teel, et asju ja nähtusi **vaadeldakse püsivamalt, täpsamalt**. Vaatlusoskuse kasvatamisel etendab tähtsat osa otsene loodusega tutvumine, tema vaatlemine. Muidugi võib samuti tähelepanu juhtida inimeste ja nende tegevuse täpsamale vaatlemisele. Et inimene mõtleb vaatluste (nähtu, kuuldu, maitstu jne.) alusel, siis on seepärast rikkalik vaatlemine — võimalikult mitmekesisel oludel — suure tähtsusega. Pole materjali mõtlemiseks, kui pole vaatlusi. On küllalt vaatlusi, siis tarvis neid läbi töötada, süstematiseerida, tarvis neid **võrrelda**, s. o. nende üle mõelda.

Harilikult juhib inimene oma tegevusi ja toimetusi mõistuse abil. Kuid mitte igas keerukaski tegevuses ei toimetata inimene iga kord järelemõtlemise, vaid harjumuse järele. Kuidas inimene on harjunud töötama, rääkima, istuma, kõndima jne., nii teeb ta enam-vähem ikka ühteviisi: ta toimetab **harjumuse järele**. Kui aga inimene teisiti toimetab kui harilikult, siis peab ta tähelepanu enam pingul olema. Harjumuse järele toimetamisel lähevad erutumused oma harilikke teid mööda. Need on tuttavad teed, neid mööda on kergem käia. Kui aga inimene teisiti toimetab, siis peavad erutumused ergukavas minema uusi teid mööda. Uusi teid mööda on algses raskem käia, kuid

varsti harjub inimene uut viisi toimetama, kui ta jätkab oma tegevust uues sihis. Räägitakse, et ajus luuakse uued teed, uued ühendused. Harjumused etendavad inimeste elus väga tähtsat osa ja seepärast on tähtis luua võimalikult hääd harjumused. Kasvatusel on siin suur ülesanne.

Uute teede loomine ehk rajamine ei ole lihtne piltlik ütlus. **Ajurakud arenevad ühenduses tegevusega**, täiesti samuti kui lihasedki arenevad harjutusega. Ömmeldi kutsikail silmalaud kinni, siis ei saanud arusaadavalt nägemiskese silmast ärritusi ja tema ergurakud ei arenenud; nad jäid lootelisele astmele, väikesiks, harudevaseiks. Tähendab, ergurakk ja tema harud kasvavad tõepoolest ühenduses tegevusega, neisse kulgevate erutumustega.

Vaimutöö tervishoiust. On tähtis hoiduda vältavast väsimusest. Ajutine väsimus pole kardetav, vaid vahest teatava määranii tarvilikki: on tõenäoline, et elavamaks ajurakkude arenemiseks on ajutine pingutavam töö samuti kohane nagu lihaste arenemiseks pingutavam kehaline töö. Suuremale väsitusele peab aga järgnema täielikum puhkus. Tuleb arvesse võtta, et suurema pingutuse tagajärjed ei kao igakord isegi ühe ööga mitte, kuigi uni korralik. Nii näiteks on leitud, et väga pingutav öösinine töö kahandab tööjõudu mitmeks päevaks, kuigi katseisik küllalt magab ja midagi erilist ei tunne. Tuleb aga pingutavalt töötada nädalate viisi ja puudub võimalus küllaldaseks puhkuseks, siis on see kahjulik üleväsitamine, mis võib jätta püsivamaid jälgi.

Väsinud isik teeb vähem tööd, eksib rohkem, tähelepanu kipub tal tööst kõrvale, raskem on teatavat mõttekäiku kinni hoida ja süveneda. Õppimine, arvutamine toimub aeglasemalt, väliseid ärritusi suudetakse puudulikumalt eraldada. Hingamine on kiirem, kuid pealiskaudsem jne. Tundub väsimus, roidumus ja kaob tahtmine töötada. Võib tekkida peavalu või vähemalt mõnutu aisting peas. **Rahutus**, erutatud olek, kerge ärritatavus (müra!), paha meel jne. iseloomustavad väsinut. Väsimusaisting on **hoiatuseks**, on **enesekaitseks**, manitsedes puhkusele (tervisevaht!).

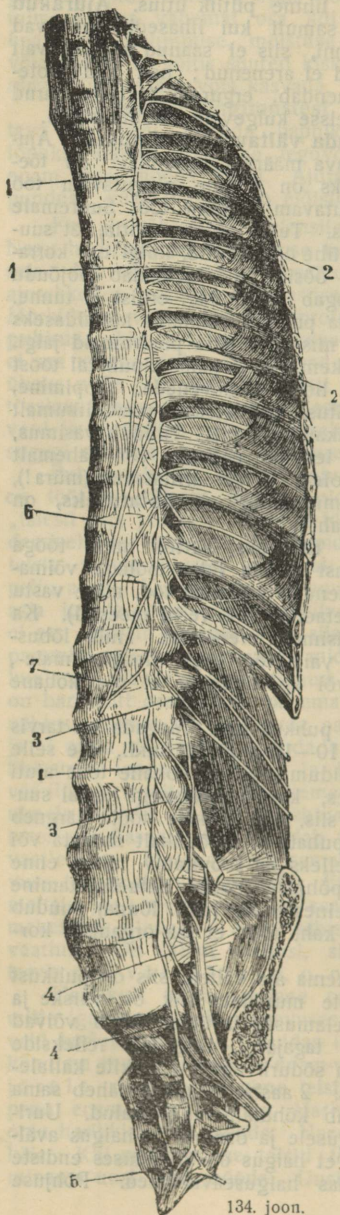
Väga väsitavalt mõjub **kiirustamine** (töö tähtjaks, kartus mitte tööga valmis jõuda jne.). Kõige kohasem on seepärast püüda ikka töötada võimalikult **rahulikult**, ilma liigse kiirustusega. Suurendab väsimust töö, mille vastu puudub huvi, ja monotoonne ehk väga ühetaoline töö (eriti meestel). Ka mure, hirm, rõhutatud meeleolu soodustavad väsimuse arenemist. Hulk lõbususi pole mingiks puhkuseks, eriti pingutava vaimutöö järgi (hoogus male-, kaardimäng jne.). Andumusega võimlemine või sportiminegi ei ole kohane puhkuseks, sest seegi väsitab ergukava.

Suurema väsimuse korral on ainuke õige puhkus **uni**. Magada on tarvis — keskmiselt — lastel 7—9 aasani 11 tundi, 10—13 a.-ni 10 tundi, üle selle 9 t., täisealisil 7—8 tundi. Liigväsimusest hoidumiseks on kohane teha ajuti kergeid kehaharjutusi ja ka **vahelduse** tegevuses, kuid vaheldusegi korral suureneb väsimus. Pealegi on vaheldusest kasu siis, kui raskele tööle järgneb kergem. Kohane on pühapäeval võimalikult puhata ja mõõdukalt rännata või teha kehalist tööd. — Et uni oleks rahulik, selleks on soovitatav mitte enne magamaheitmist pingutavalt töötada. Samal põhjusel peaks õhtueinestamine olema ikka paar tundi enne uneaega. Pärast einestamist (näit. lõuna) puudub tahtmine töötada ja seda tuleb tähele panna: kaht tööd ei saa organism korraga energiliselt teha.

Puudub pärast magamist värskus (eriti pikema aja vältel), siis on puhkust olnud vähe. Korralikult puhunud, ilma eriliste muredeta isik on värske ja rahulik, tal pole töö vastumeelt. — Põrutavad elamused ja üldse **hirm** võivad põhjustada püsitu erkkonnaga isikul vältavaid tagajärgi, tingeliste reflekside afusel. Nii näiteks tekkis korduvalt ühel saksa sõduril enne lennukite kallale tungi kostva sireenide vile järgi kõhulahtisus. 2 aastat hiljemini läheb sama isik arstilt nõu küsima, sest ajuti ikka jätkub kõhulahtisus ja valud. Uurimused ei leidunud mingit orgaanilist alust haigusele ja osutus, et haigus avaldub eriti kõleda telefonikõlina järgi. Selgitus, et haigus on ühenduses endiste elamustega ja närvilise iseloomuga, kõrvaldas haiguseavaldused. Põhjuse

selgumine toimib üldse õige sagedasti tervestavalt ja sel alusel rajaneb psühhoanalüüs.

Instinktid ja kihud (nälg, janu, sugukihu, ühiskondlik instinkt jne.) on kihutajad tegevusele. Hulk vaatlusi teostavad aga, et instinkt ja kihud võivad eksida, s. o. olla põhjuseks ebakõhasele tegevusele. Peeneid roogi võidakse eelistada lihtsamale, kuid harilikult on nad ebakõhased terveks eluks. Mürgised ained võivad nendega harjunut vägevasti kihutada tekkinud „tarviduse“ rahuldamisele (tubak, alkohol, morfium j. t.). Isegi kõige kõrgemaks ülistatav tunne — armastus — võib kergesti eksida: liigse armastusega võidakse kasvatada last väga halvasti, teda hellitades, valetsi toites jne. (ahviarmastus!). Otstarbekohane ja mõistlik teotsemine peab toimuma ikka mõistuse juhtimisel, mis võtab aluseks teaduse saavutused. Kõige edukam on inimese elu, kui ta suudab enese üle valitseda, mitte teotseda ette mõtlemata, ainult loomusunni ja kihude tõukel. Inimese elutingimused on kujunenud väga kunstlikeks ja seepärast ei saa kihud ja loomusund olla ikka õiged juhid (nad pole kohastunud uute oludega), vaid selleks on tarvis mõistuse saavutuse — teaduse juhatusi.



134. joon.

Sümpaatiline närvisüsteem. Kummalgi pool lülisammast kehaõõnes on sõlmiline ergutüvi (134. joon.), mille tängud ehk ganglionid on ühendatud pikuti ja risti asetsevate harude abil. Tänkudesse tulevad harud seljaajustki. Sümpaatilisest erkkonnast lähevad harud seedeorganite, veresoonte, südame, neerude, põie ja teiste sisemiste organite juurde. Ta mõjustab eriti silelihaste liigutusi. Nagu selgitatud, ahendab sümp. ergutumus veresooni. Lõigatakse kodujänese kaelapealne sümp. erk katki, siis muutub vastav kõrv soojaks, sooned laienevad temas, nii et kõrvade värvivahe on selgesti näha.

134. joon. Vasem sümpaatiline erkkond. 1: tüvi tänkudega. 2—4: sümpaat. n. seljaajuga ühestavad harud. 5: vasema ja parema tüve ühinemine. 6: suure ja 7: väikese sisikonna-ergu juured.

Ärritatakse sümpaatilist erku, siis ahenevad sooned. Sümpaatilise erkkonna erutumus kiirustab südame tegevust, higinäärmete ja neerulisa sekretsiooni, põhjustab silmaava laienemist ja karvapüstitajate kokkutõmmet, takistab neerutegevust, mao- ja sooleliigutusi jne. Teatavad mürgid (ja ka toitesoolad) mõjustavad sümpaatilist erkkonda. Eespool nimetatud organid on peale sümpaatilise ergu varustatud veel erguga seljaajust (parasümpaatilise erguga; peamiselt uiterguga). Sümpaatiline ja parasümpaatiline närvisüsteem toimivad teineteise vastanditena, antagonistidena. Kiirustab tegevust sümpaatiline erk, siis pärsib parasümpaatiline ja vastupidi. Nii otsekui ohjade abil reguleeritakse organite tegevust organismi tarviduste kohaselt ja nende erkkondade korralik tegevus on väga tarvilik.

Hingelised elamused mõjustavad organite tegevust sümpaatilise ja parasümpaatilise erkkonna kaudu. Ehmatuse põhjustab silmaava laienemise, naha kahvatumise, karvade püstimise jne. Valu korral on silmaava laienenud, nõristuvad pisarad, mao-liigutused ja -nõristus on pärsitud, muutunud on hingamise ja südame tempo.

Meeled.

Elu on lahutamatu seotud välise ilmaga, kust saab organism toitu, vett, hapnikku. Tarvis on tunda vaenlasi (näit. kiskjaid) ja ohtlikke tegureid. Et elada, selleks peab siis loom tundma toiduks kõlvulisi esemeid, vaenulisi tegureid jne. Välise ilma tundmiseks ongi meeled ja keskergakava.

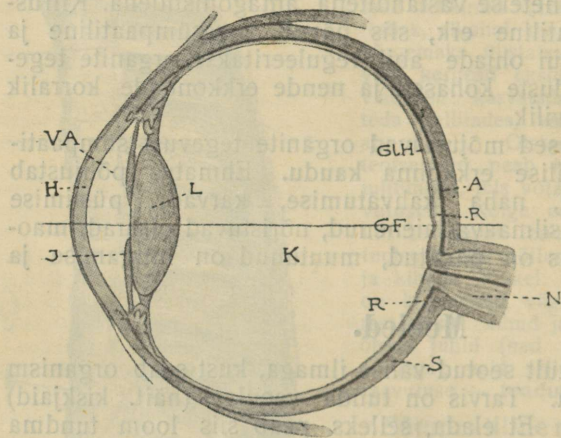
Välisilmas toimuvad mitmekesised protsessid, muutused, mis seotud liikumisega. Välised liikumised ärritavad meeleorganeid ja tekitavad aistingud ja tunded. Nii näiteks aistitakse naha-ärritusi puutena, tõukena; õhulainetusi — häälena, kohana; valguselainetusi — valgusena, värvidena; keemilisi mõjustusi — maitsena või lõhnana jne.

Võimata on otseselt meelte abil märgata kõiki muutusi, mis toimuvad ümbritsevas looduses. Kõrv ei kuule õhu liiga aeglasi ega liiga kiireid lainetusi, silm ei näe ultravioletseid ega infra-punaseid kiiri, me ei aisti magneetilisi ja raadio lainetusi jne.

Nii siis ei tunne me ilma, nagu ta on, vaid niisugusena, kuidas teda meile meeleorganid näitavad. Ehk see kujutelm ilmast on küll puudulik, kuid teda jätkub elamiseks. Kui meeled on vigastatud, siis on elamine takistatud ehk raskendatud (kuidas nimelt?).

Palju on ärritusi, mida me sugugi ei aisti, ei märka. Ärritusel peab olema teatav tugevus, enne kui meeleorganid teda suudavad vastu võtta. Liig tasast häält ei ole kuulda, liig väikest valgust pole näha, asja väga kergelt rõhumist ei ole tunda (näit. purukübe käel). Kõige nõrgemat ärritust, mis tunda on, nimetatakse **künnisärrituseks**.

Samuti ei märka me iga juurdetulevat ärritust. Kui 200-le küünlale veel üks küünal juurde panna, siis ei märka me, et valgus oleks suuremaks läinud. Ainult siis, kui 100-le küünlale ühe lisandame, märkme valguse suurenemist. Valguse suurenemist märkame ainult siis, kui vähemalt $\frac{1}{100}$ endisest valgusest juurde tuli. Aistingu ja ärrituse suurenemise vahel on kindel vahekord (Weberi seadus). Tähed säravad küll päeva-ajalgi, kuid me ei näe



135. joon. Silm. H: sarvkest. VA: eesmine silmakamber. J: vikerkest. L: lääts. K: klaaskeha, S: valge-ehk kiudkest. A: soonkest. R: võrkkest. N: nägemis-erk. GF: kollane tähn. GLH: klaaskehakest.

Siinjuures on aga ka eksitused võimalikud. Äralõigatud jalga ei ole olemas, kuid ajuti tundub, nagu valutaksid varbad või teised jala osad.

Isegi siis, kui ajus tekivad väga elavad kujutelmad paistab inimesele, et väljaspool toimuvad mitmesugused nähtused, kuna seal tõepoolest midagi ei toimu. Niisugust nähtust ärkvelolekul nimetatakse viirastuseks ehk hallutsinatsiooniks.

Viirastused ilmuvad sagedasti palaviku ajal või teatavil vaimuhaigusil.

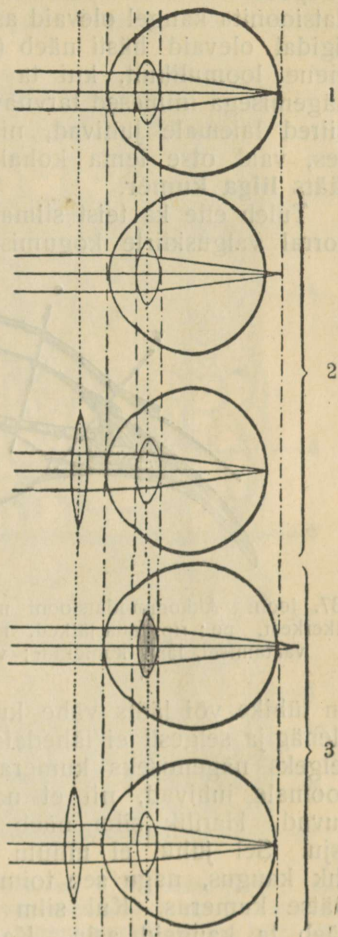
Nägemine.

Silm on kuulikujuline organ (135. joon.), mis asetseb silma-koopas. Silmamuna välisosa koosneb kolmest kestast. Kõige välimine on **kiudkest**, mis suurema osa silmamuna pinnast katab valge läbipaistmatu kõvakestana. Esimene osa kiudkestat on läbipaistev, ilma värvita ja kumeram — **sarvkest**, mille läbi valguskiired tungivad silma. Keskel on **soonkest**, kus rohkesti

veresooni ja kapillaare. Soonkestas on veel rikkalikult harulisi pigmendirakke, mispärast see kest on peaaegu must (tumepruun), Eesmine soonkesta osa pais- tab läbi sarvkesta, moodustades **vikerkesta** (iiris). Vikerkesta kes- kele jääb **silma-ava** (pupill), kust valguse kiired silma pääse- vad. Vikerkestas peituvad sile- lihased, mille toimel võib silma- ava aheneda (ringlihased) või laieneda (radiaalsed lihased). Kõige seesmine on **võrkkest**. Peaaigus algav **nägemiserk** tun- gib tagant silmamunasse, teki- tades erguharudest ja erguraku- dest võrkkesta, mis on valguse- ärrituste vastuvõtja. Vikerkestaga on seotud **lääts**, mis asetseb silma-ava taga. Lääts jagab silma sisemuse kahte kambri- sse, eesmise ja tagumisse. Ees- mises silmakambri on vesivede- lik, tagumises **klaaskeha**, läbi- paistev sültjas aine. Klaas- keha täidab suurema osa silma- munast.

Silm on ehituse poolest **foto- grafeerimisaparaadi** sarnane. Tähtsama fotografeerimisaparaadi osa on pimekamber, mille ette on kinnitatud valguskiiri koon- dav lääts. Kambri tagaseinaks on klaas, kuhu kambri ees olevate asjade kujutis ilmub. Ka silmas on lääts, mida kiired läbivad ja taga võrkkestal as- jade kujutise tekitavad. Pime- kambriks on silmamuna, mille seintes tume pigment.

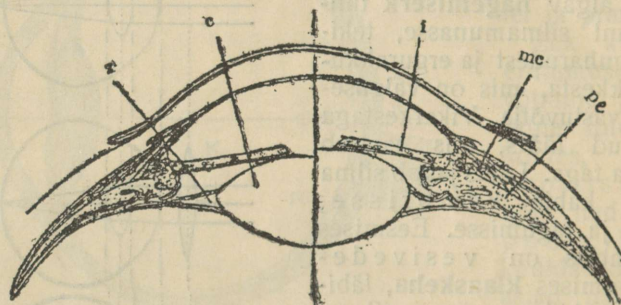
Kui tarvis ligidal olevat asja fotografeerida, siis peab klaasi, kuhu kujutis ilmub, läätselt kau- gemale paigutama (miks? meelde tuletada füüsikast). Kauge asja fotografeerimiseks tuleb klaas läätselt ligemale paigutada. Kui klaasi asja kauguse kohaselt ei seata, siis on kujutis segane.



136. joon. 1: normaalne silm. 2: ülenägevus silma lühiduse tagajärjel. 3: ülenägevus läätsel väikese kume- ruse tagajärjel (raugad). Kumerate prillide abil koonduvad kiired võrk- kestale.

Silmaga on lugu samuti. On palju juhte, millal **silmamuna** on **pikk**, nii et lääts kaugelt lõpmatuses tulevad kiired kogub ettepoole võrkkesta. Säärane silm näeb ilma pingutuseta, akkommodatsioonita kaugel olevaid asju väga tumedalt, kuna ta aga väga ligidal olevaid hästi näeb (**lühinägevus**). Sel korral näeks inimene loomulikult, kui ta võrkkest eespool seisaks. Lühikese nägemisega inimesed tarvitavad nõgusaid prille, mis silmatulevad kiired laiemale juhivad, nii et nad ei saa koonduda võrkkesta ees, vaid otse tema kohal. Samuti on lugu nägemisega, kui **lääts liiga kumer**.

Tuleb ette ka teist silmade viga — **ülenägevust**, missugusel korral valguskiirte kogumiskoht on tagapool võrkkesta (silm



137. joon. Akkommodatsiooni mehhanism. c: lääts. z: Zinni-vöötmeke. i: vikerkest. pe: ripskeha jätked. mc: ripslihas. Paremäl — silmapool ligidale vaatamisel, lääts kumeram; vasemäl — mitteakkommodeerunud silm.

on lühike või lääts vähe kumer (136. joon.). Seepärast ei näe ülenägija selgesti ei lähedaid ega kauged asju. Sel korral peab selgeks nägemiseks kumeraid prille kandma, mis valguse kiiri koomale juhivad, nii et nad läätse abil otse võrkkestal koonduvad. Harilik silm näeb niihästi ligidal kui kaugel olevaid asju. Sel juhul ei muutu aga mitte läätse ja võrkkesta vahe ehk kaugus, nagu see toimub fotograafiaparaadis, vaid muutub läätse kumerus. Kui silm vabalt, ilma pingutuseta vaatab, siis näeb ta kauged asju. Kaugete asjade juurest tulevad kiired koonduvad võrkkestale fookusesse. Sel korral ei näe silm ligidasi asju mitte selgesti. Et ligidal olevaid asju selgesti näha, selleks peab lääts kiiri enam murdma, sest muidu koonduksid nad alles võrkkesta taga. Nagu aga teada, murrab kiiri tugevamini kumeram lääts. Seepärast võib silm ligidasi asju siis näha, kui läätse kumerus suureneb (137. joon.).

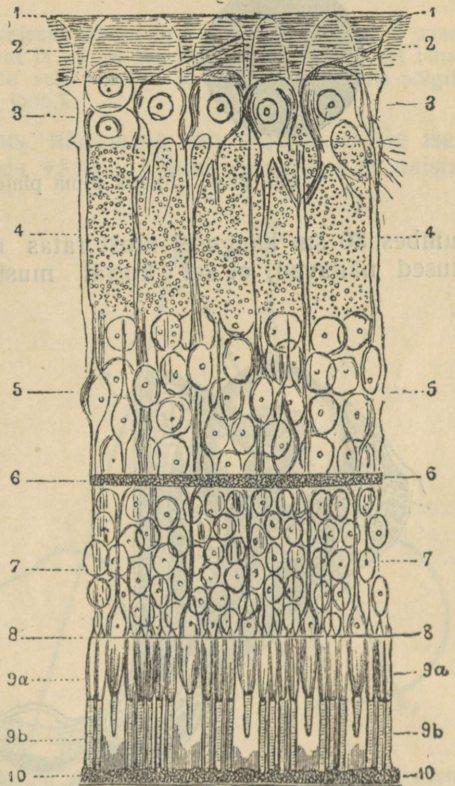
Harilikult on silma lääts kokku, l a m e d a k s s u r u t u d. Tema on kapsli vahel, mis on pinevil vikerkesta küljes Zinni- ehk ripsvöötmeke abil kinni. Zinni-vöötme külge kinnitub rips-

lihas. Ripslihas tõmbub kokku, nii et ta läheneb läätsele (keske poole) ja seega lõtvub kapsel. Lääts tõmbub siis iseene- sest kumeramaks. Nii võib lääts kumerus kaunis laiades piirides muutuda. Kumerus on lähedate asjade vaatlemisel suurem. Säärast lääts kumeruse muutumist nimetatakse **akkommodatsiooniks**.

Vanas eas on lihased nõrgemad, nii et nad ei suuda kapslit küllalt lode- vile tõmmata ja lääts on vähem elastiline, mispä- rast ta vähem kumeraks tõmbub. Seepärast näe- vad vanemad inimesed kaugeid asju paremini kui lähedaid.

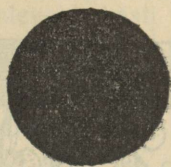
Nagu nimetatud, on val- guskiirte vastuvõtjaks võrkkest, mille tekitab nägemiserk, mis silma- munas haruneb. Näge- misergu harud on otse vastu klaaskeha. Sealt pöörduvad harude otsad väljapoole, kus nad puu- tuvad kokku ergurakkude kihtidega.

Kõige välimises võrk- kesta osas lõpevad ergu- harud iseäraliste raku- dega, millest ühed on kepikeste, teised kolbide kujulised (138. joon.). Neid nimetatakse **kepi- kesteks ja kolvikesteks**. Need rakud ongi **valguse ärrituste vastuvõtjad**, kust erutumus edasi tungib erguharusid mööda. Nä- gemiserk ise ei ole val- gusetundlik, ta ei saa teiste kohtadega valguse ärritusi vastu võtta. Seepärast ei näegi see silma koht, kust **nägemiserk silmamunasse tuleb** (näsa, seal ei ole kepikesi ega kolvikesi). Et silmas olemas niisugune koht, millega ei



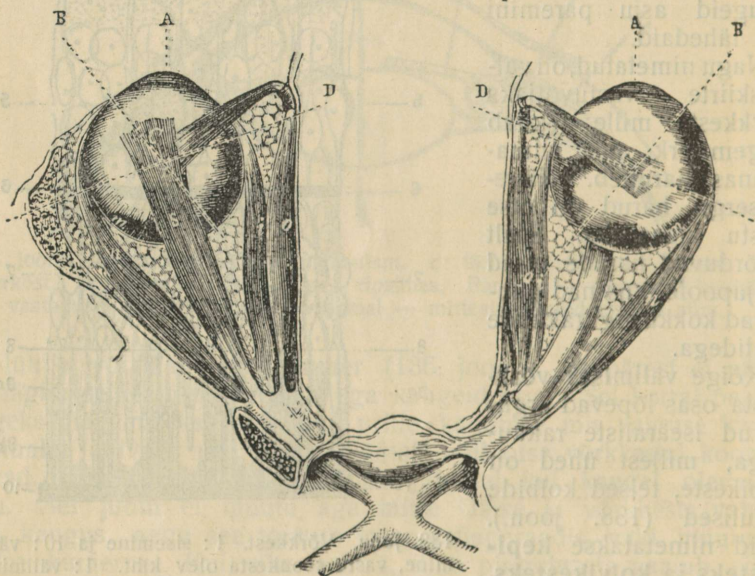
138. joon. Võrkkest. 1: sisemine ja 10: väli- mine, vastu soonkesta olev kiht. 1: välimine piirkile. 2: nägemisergu-kiudude kiht. 3: tängurakkude kiht. 4: sisemine võrkjas kiht. 5: sisemine teraline kiht. 6: välimine võrkjas kiht. 7: välimine teraline kiht, terad — näge- misrakkude tuumad. 8: välimine piirkile, mida läbivad kepikesed ja kolvikesed. 9 a, 9 b: kepikeste ja kolvikeste kiht. 10: pigmendi- kiht, epiteel.

näe, tõestab järgmine katse. Võtame 139. joon. silmade ette. Pigistame parema silma kinni ja vahime teraselt paremale risti peale. Joonist eemale ja ligemale paigutades märkame, et



139. joon. Joonis silma pimetähni tõestamiseks.

umbes 30 sm kaugusel must ratas nägematuks muutub. Arvutused näitavad, et sel korral musta täpi kohalt kiired otse



140. joon. Silmamunad ja nende lihased. All nägemiserkude ristmik. Silmamuna ja lihaste vahel rasvakapsel. A: sarvkest. i: keskmine sirglihas. n: külgmine sirglihas. s: ülemine sirglihas. o: ülemine põiklihas; tema kõõlus D kohal luuga seotud, kust lihas edasi silma peale läheb. m: alumise põiklihase kinnituskoh. Põiklihased pööravad silma BC, ülemine ja alumine sirglihas DC telje ümber. Sisemine ja välimine sirglihas pööravad silma telje ümber, mis perpendikulaarne joonise pinnaga. — Parem silmal on ülemine sirglihas eemaldatud.

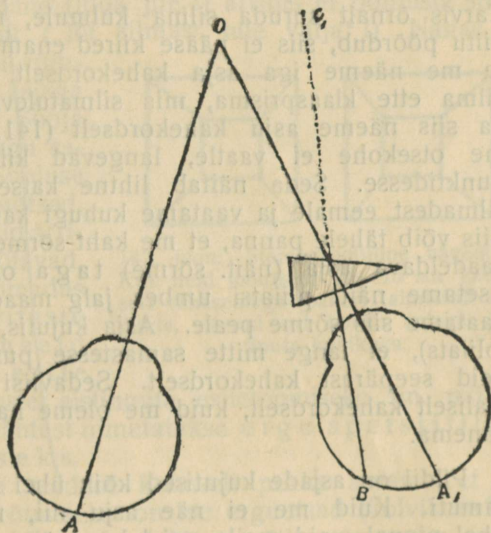
ergu silmatulekukohale langevad. Et see koht ei näe, siis nimetatakse teda **pimetähniks**. Vähe väljaspool pimetähni

asetseb tähn, kus võrkkest kõige õhem ja kus leiduvad ainult kolvikesed. See koht on kõige tundlikum ja tema abil on nägemine kõige selgem. See on kollastähn. Kui mõnd objekti vaatleme, siis pöörame silmad nii, et kiired sellelt otse kollase tähni peale langevad.

Tarvilises sihis silma liigutamiseks kinnituvad silmamuna külge 3 paari lihaseid. Kahel pool kõrval, üleval ja all on lihased, mis otsesihis eest taha-poolle lähevad (sirglihased). Peale selle on all ja üleval lihas, mis põigiti silmamuna külge kinnituvad (140. joon.).

Hämarikus ehk videvikus nägemine on hoopis erilise ise-loomuga: ei suudeta eraldada värve. Öhtul videvikus ei paista puud rohelistena, õied värvilistena, vaid üks asi on valge, teine enam-vähem hall või must. Kui kaunis pimedas vaatleme mustal laual asetsevaid nõrgalt nähtavaid paberitükikesi, siis märkame, et need tüki-kesed, mille peale me otse vaatame, näge-matuiks muutuvad. Tähendab, videvikus ei näe me kollase tähni abil. Pimedas olnud looma silma võrkkest on purpurpunane. Kuid valguse käes kaotab võrkkest oma värvilise olluse — nägemispur-puri. Nägemispurpur asetseb kepikeste üm-ber, kuna ta puudub kolvikeste kohal. See-ga ei ole siis kollases tähnis nägemispurpu-rit. Et silm ei näe pimedas purpurivaese, kollase tähniga, see laseb arvata, et hämarvalguses nägemisel on tegev nägemispur-pur. Ka teised tähelepanekud tõendavad, et pimedas nägemisel laguneb nägemispurpur, mis ongi nägemiserutumuste põhjustaja.

Kujutleme, et läbi kummagi silma läheb vertikaalne ja horit-sontaalne pind. Need pinnad jagavad kummagi silma kvadranti-deks (veerandringideks); need on küljepoolsed, keskepoonsed, ülemised ja alumised. Kujutleme, et me mõlemad silmad ühte



141. joon. Parema silma ette klaasprisma aset-tud, mille tagajärjel punkt O paistab kahekord-selt (O ja O_1), sest kujutised ei lange sama-seisse punktidesse, vaid mittesamasesse (A ja B). Samased punktid on A ja A_1 , kuhu kujutised ilmuvad ilma prismata.

liidame, nii et ühe vertikaalne pind liitub ühte teise vertikaalse pinnaga, — horisontaalne horisontaalsega, misjuures ka kollased tähnid ühte langevad. Sedaviisi liituvad ühe silma küljepoolsed teise keskepoolsete kvadrantidega. Kõik need võrkkestade punktid, kus nad üksteisega kokku puutuvad, on n. n. **samased punktid** (identsed punktid). Harilikult satub kiirtekimp, mis vaatluse all olevalt asjalt tuleb, kummagi silma samasesse punkti (141. joon., jooned OA ja OA₁). Kuid nii on lugu ainult nende asjadega, millele me silmad oleme otse juhtinud. Ainult siis, kui ühest punktist kiired silmade samasesse punktidesse lähevad, näeme punkti üksikuna. Kui aga kiired ühest punktist lähevad mittedsamasesse punktidesse, siis näeme seda punkti kahena. Tarvis õrnalt suruda silma kulumule, nii et teine silm natuke viltu pöördub, siis ei pääse kiired enam samastesse punktidesse, ja me näeme iga asja kahekordselt. Või jälle, paneme ühe silma ette klaasprisma, mis silmatulevate kiirte sihti muudab, ka siis näeme asju kahekordselt (141. joon.). Asjadest, mida me otsekohe ei vaatle, langevad kiired ka mittedsamastesse punktidesse. Seda näitab lihtne kaise. Paneme sõrme püsti silmadest eemale ja vaatame kuhugi kaugemale (nurka näiteks). Siis võib tähele panna, et me kaht sõrme näeme. Samuti näeme vaadeldava asja (näit. sõrme) taga olevaid asju kahekordselt. Asetame näit. pliitsi umbes jalga maad kaugemale sõrmest ja vaatame siis sõrme peale. Asja kujutis, mida me otse ei vaatle (pliitsi), ei lange mitte samastesse punktidesse, ja me näeme neid seepärast kahekordselt. Sedaviisi näeme suure osa asju alaliselt kahekordselt, kuid me oleme harjunud seda mitte tähele panema.

Pildil on asjade kujutised kõik ühel pinnal. Silmas on lugu samuti. Kuid me ei näe asju nii, nagu oleksid nad kõik ühel pinnal, vaid meile paistab, et üks on teisest kaugemal, me näeme nende paksust jne. Seda nimetatakse **kehaliseks** ehk **reljeefseks** nägemiseks. Asju näeme kehaliselt seepärast, et me neid **kummagi silmaga vähe teisiti**, natuke teisest küljest näeme. Silmis ei liitu need kujutised mitte täiesti ühte samasesse punktidesse, vaid tekivad kokkuliitumatud ääresoad. Et säärane väike kujutiste lahkumine on kehalise nägemise põhjus, seda tõestab stereoskoop ja stereoskoobi pildid. Stereoskoobi pildid (2 tükki ühest asjast) on üles võetud kahe objektiiviga, mille teljed kokku jooksevad, nagu silma omad. Kumbki pilt läheb teisest vähe lahku. Kui neid stereoskoobi läbi vaadelda, siis paistab, et me üht pilti näeme, kus kõik asjad selgesti üksteisest eemal, tagapool jne. asetsevad, sugugi mitte nagu lihtsal pildil. Stereoskoop on riist, millel silmade vahelkohas on vahesein ja ees ühesugused prismaliselt kumerad klaasid. Kuid säherduse riista asemel võib tarvitada vaheseinaks ka lihtsat paberit. 142. joonisel on kujutatud ilma tiputa kuhik (koonus). Paremal pool on ta kujutatud, nagu teda näeb parem silm, vasemal nii, kuidas teda näeb vasem silm, kui

kuhik silmade ligidal seisab. Paneme jooniste vahele paberi vaheseinaks ja vaatame 10—15 sm. kauguselt silmadega (kaugusesse), silma telgi keske poole juhtides, siis on märgata, et mõlemad kujutised ehk pildid langevad ühte. Joonisest saab üks ilma tiputa kuhik. Katse nõuab sagedasti teatavat harjumust, enne kui ta päris ilusasti korda läheb. Kujutis tuleb siis niisugune, et keskmine joonise osa ehk kuhiku tipp paistab väga selgesti kõrgemal seisvat kui alus.

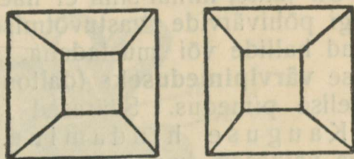
Kui valguse kiiri läbi prisma lasta, laguvad nad seitsmeks peavärviks; need on, alates pikalainelisist: punane, ruuge, kollane, roheline, taevassinine, sinine ja violett. Lainetuste pikkus tundub nägemismeeles värvidena.

Peale valguse lainete võib silma ärritada löögi, pigistamise, rõhumise, elektri jne. abil, kuid ka iga teist ärritust aistime valgusena. Mittekohaldane (löök jne.!) ärritus ei põhjusta siiski tavalist nägemisaistingut („lõi silmast tule välja“!) Nahas on

muu seas külmaaistingu erguotsad. Kui neid külma asjaga ärritada, tundub külm. Sooja asjaga ärritamisel on lugu samuti — tundub külm. Soojuse aistimiseks on ise erguotsad, mis jällegi mitmesuguseid ärritusi ühel viisil vastu võtavad. Nii siis, antud ergul on omadus mitmesuguste ärrituste peale ainult ühesuguseid aistinguid ajusesile kutsuda. Mitmesuguste aistingute esiletoomiseks on mitmesugused ergud. Seda nähtust nimetatakse ergu spetsiifilise energia seaduseks.

Spetsiifilise energia seaduse kohaselt peaks arvama, et iga iseäralise värvi vastuvõtmiseks on ise erguotsad (kolvikesed ja kepikesed). Kuid värvide varjundeid on ütlemlata palju (mitu sada). Seejärele peaksid ka erguotsad olema väga mitmekesised.

Kuid lugu ei ole nii. Silmas on olemas erguotsad ainult nelja värvi (põhivärvide) vastuvõtmiseks. Võib aga olla, et igas kolvikeses on olemas neli eriainet, mis muutuvad valguskiirte toimele. Põhivärvid on punane, kollane, roheline ja sinine. Neist neljast värvist segusid¹⁾ valmistades saame kõik teised värvid. Täheandab, teised värvid ja nende varjundid tekivad põhivärvidest sel teel, et üht või teist põhivärvi suuremal või vähemal määral võetakse. Kui kaks või kolm põhivärvi korraga erguotsade peale mõjuvad, siis ei suuda silm üksikuid värve eraldi



142. joon. Stereoskoopiline nägemine. Kui neid jooniseid 10—15 sm kauguselt vaheseinaga (paber) lahutatult vaadelda, näivad nad kokku sulavat ilma tiputa kuhikuks.

1) Värvide segamiseks tarvitatakse värvivurri, s. o. kiiresti keerlevat ketast, millele värvilised paberid kinnitatakse.

näha, vaid tekib ühtlane uus värviaisting. Selle järele, mis-sugused põhivärvid segatud või kui palju neist ühestki võetud, on värv mitmesugune.

Kui kõik seitsme värvi kiired korraga silma võrkkestale langevad, siis tekib valge värvi mulje. Valge (õigemini halli) värvi saame veel, kui **täiendusvärvid** segatakse. Need on:

punane ja sinikas-roheline
kollane ja sinine jne.

Peavärvide mitmesugused varjundid tekivad sel teel, et peavärv segub valge või musta värviga. Kui segada punane värv valgega, siis saadakse **helepunased** (roosa) varjundid. Kui aga punast värvi mustaga segatakse, siis saadakse **tumepunased** varjundid.

On juhte, millal silm ei näe mõnda värvi. Kui aga puuduvad kõigi põhivärvide vastuvõtmise elemendid, siis paistavad kõik asjad hallide või mustadena. Värvuse mitteeraldamist nimetatakse **värvipimeduseks** (daltonism). Sagedamini esineb punase-rohelise pimedus. Säärased isikud ei kõlba raudtee-teenistusse.

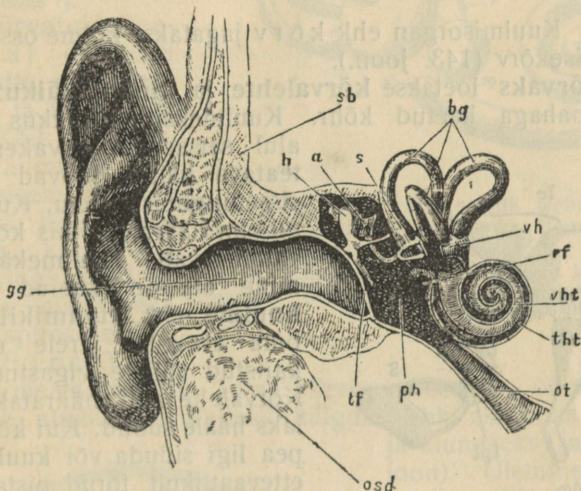
Kauguse hindamine. Kaugeist asjust tekivad silmas väga väikesed, kuna neist, mis ligidal, tekivad suured kujutised. Kui inimest väikesena näeme, siis teame, et ta on kaugel. Kuid mõnikord võime eksida kauguse määramisega. Suurt lindu, mis kõrgel lendab ja seepärast väikesena paistab, võime väikeseks ja ligemal olevaks linnuks pidada. Kui me aga märkame, et ta taevavõlvil aegamööda edasi liigub, siis sunnib see meid arvama, et ta on kaugel, sest ligemal oleva linnu lendamise korral märkame palju rutemini tema jõudmist teise kohta. Peale suuruse järele kauguse hindamise on selleks veel teine otsustamisviis. Kui asi kaugel, siis vaatavad silmad paralleelselt. Ligidal oleva asja vaatamisel pöörduvad silmad keske poole, nii et nende telgede jooned ristuvad. Õige ligidal olevat asja vaadeldes tunneme otsekohe, kuidas silmad keske poole kokku vaatavad — konvergeeruvad, misjuures pingutatakse silma lihaseid. Kaugele vaatamisel puudub lihaste pinevus. Kaugele vaatamisel puudub veel ripslihase pinevus. Nimetatud lihaste pinevus on üheks abinõuks, mille järele vaadeldava objekti kaugust määratakse.

Silmamuna ümbritseb kaunis paks **rasvkeha**, mis täidab suure osa silmakoopast. **Laud** kaitsevad silma vigastuste ja liiga suure valguse eest. Hädaohu korral suletakse laud (käega silma ees viibutada jne.). Peale selle ei lase nad silma kiudkesta ära kuivada, sest pilgutuste (refleks!) ajal niisutab laug teda pisarvedelikuga, mis korjub alaliselt pisaranäärmeist laugude alla. Kui silma puru satub, siis uhavad pisarad ta välja. **Pisaranääre**

asetseb silmakooa küljepoolses ja ülemises osas. Silma keskepoossesse ossa suubuvad pisarakanalid, mis viivad pisarakotti. Pisarakott on nina-pisara juha kaudu ninakoopaga ühenduses. Pisarakotist valguvad pisarad ninakoopasse (nutt!).

Lau ripsmed takistavad tolmu silmalangemist, kulmukarvad — higi tungimist silmadesse.

Silma tervishoiust. Tähtsamaks teguriks silma tervishoius on kohane valgus. Kõige parem on töötada päevalgel. Puudulikus valguses (hämäril!) töötades tuleb silmi liialt pingutada, iseäranis lugedes ja kirjutades.



143. joon. Kõrv (poolskeem); sisemised osad $2 \times$ suurendatud, keerustik 90° võrra keeratud. gg: kuulmekäik. tf: kuulmekile. ph: trummiõõs. ot: kõrva- ehk Eustachio-tõri. h: vasar. a: alasi. s: jalus, katab esiku pikliku akna. vh: esik. bg: poolringkanalid. vht: esiku astrik, käik pikliku akna juurde. tht: trummiõone astrik, viib ümmarguse akna juurde (rf). sb: oimuluu. osd: süljenääre.

Siis ilmub kalduvus vaadatavat asja silmale võimalikult ligemale tõmmata, misparast silmadel tuleb kangesti akkommodeeruda ja konvergeeruda. Kui säärasel viisil silma kauemat aega pingutada, siis võib ta muutuda lühikese nägemisega silmaks. Vaadatavaid asju ei pea silmadele liiga ligidal hoidma (kohane kaugus $\frac{1}{3}$ m). Kirjutamisel jne. on kõige kohasem vasemalt tulev valgus. Tulelt ei pea kiired otseselt silma sattuma (varjata!). Lühi- või ülenägevuse korral on tarvis prillid soetada (muidu ülenägevuse pingutustest kiirem väsimus, peavalud, silmavalud).

Ka liiga hele valgus mõjub silma vigastavalt. Nõnda jääb päikest vahtides (päikesevarjutusel!) pimedaks. Iseäranis kahjulikult mõjub ultravioletsete kiirte rohkus (tugev elektrivalgus, jääliustikult peegelduvad päikesekiired).

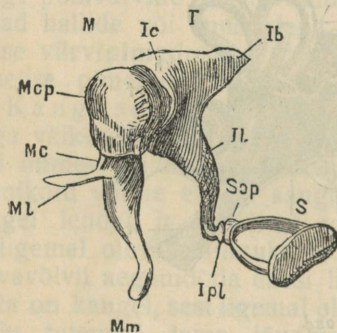
— Kuulmine ühes nägemisega kuulub meelte hulka, mis kultuurielus väga tähtsat osa etendavad (kõrgemad meeled). Nägemise teel võib eemalolevaid asju märgata, ilma neid puutumata. Töö-

tegemine, lugemine jne. on seotud nägemisega, kõnelemine, laulmine jne. kuulmisega. Kõnelemine hõlbustab väga tugevasti läbikäimist, töö organiseerimist jne. Kuulmismeel on väga tähtis ka kaitse mõttes. Kuuldes vaenlase lähenemist, isegi une ajal, on oht vähem. (Kuidas on lugu autoderohkes linnas, kui puudub kuulmismeel — kurt?). Nägemine (vorminägemine) ja eriti kuulmine puudub madalamail loomil.

Kuulmine.

Kõrv. Kuulmisorgan ehk kõrv jagatakse kolme ossa: välis-, kesk- ja sisekõrv (143. joon.).

Väliskõrvaks loetakse **kõrvalehte** ja **kuulmekäiku**. Kõrvaleht on nahaga kaetud kõhr. Kuulmekäigu (pikkus 2,5 sm.)



144. joon. Kuulmeluud paremast kõrvast, eestpoolt vaadatuna). M: vasar. I: alasi. S: jalus. Vasara pää (Mcp), kael (Mc), pikk jätke (Ml) ja pide (Mm). Alasi keha (Ic), lühike (Ib) ja pikk jätke (Il). Ipl: alasi läätskujuline luu. Scp: jaluse pea.

alul seisavad karvakased, mis teatava kaitse loovad putukate sissetungimise vastu. Kuulmekäigus on näärmed, mis kõrvavaiku valmistavad. Kuulmekäigu sise-mine ots on kaetud õhukese **kuulme** -ehk **trummikilega**, mis oma asukoha järele on hästi kaitstud väliste vigastuste eest. Kõrvalehte abil määratakse kindlaks hääle suund. Kui kõrvalehed pea ligi siduda või kuulmekäiku ettevaatlikult torud pista, siis ei ole võimalik kindlaks määrata, kas hääle eest või tagant tuleb. Eestpoolt tuleva hääle korral käte kõrvade ette asetamisel ei saa ka õieti hääle suunda määrata (võrrelda käe kõrva taha asetamisega).

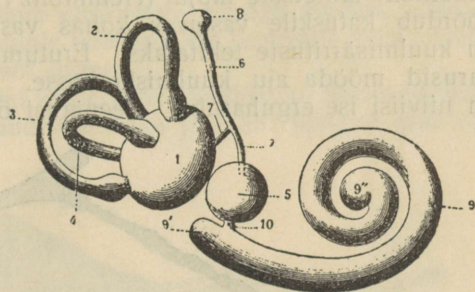
Keskkõrv peitub oimuluus (paksus kaljuosas). Ta kujutab enesest õõnt, mis on ühenduses kurguga **Eustachio-** ehk **kõrva-tõri** kaudu. Kuulmekile asetseb kesk- ja väliskõrva vahel. Õhu lainetamisel hakkab ka õrn kuulmekile võnkuma. Võnkumine antakse edasi sisekõrva kuulmeluude abil. **Kuulmeluukesed** on järgmised: **vasar**, **alasi** ja **jalus** (144. joon.). Vasar puutub kuulmekilega kokku; jalus seisab sisekõrva esikuakna ees.

Läbi Eustachio-tõri tungib õhk keskkõrva õõnesse (neelamise, haigutamise ajal), nii et seal oleval õhul on sama rõhumine kui väliselgi. Kurgu paistetuse korral, millal kõrva-tõri kinni, on kuulmine raskendatud, sest rõhumine ei ole mõlemal pool ühe-

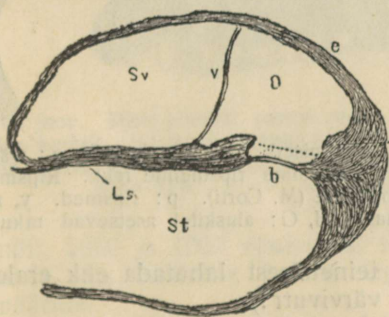
sugune. Kõrvaõõne õhk imitseb osalt kudedesse, mispärast seal rõhumine langeb. Välimine õhk surub siis trummikile sissepoole pinevile, missugune asjaolu takistab tema vaba võnkumist.

(Miks on aeroplaaniga tõusmisel või laskumisel tarvis neelata? Miks avatakse suu kahuri tulistamisel? Mida võib märgata nina ja suud sulgedes ja siis tugevat väljahingamisliigutust tehes?)

Sisekõrval ehk keerustikul on kolm osa: **esik, poolringkanalid ja tigu** (145. joon.). Kõik nad koosnevad välimisest luusest ja sisemisest kilesest osast. Kuulmiseks on tigu, kuna esik ja poolringkanalid on liikumise aistimiseks. Tigu on spiraalne moodustis ($2\frac{1}{2}$ ringi), mis teokarpi meelde tuletab. Tema kilese osa sees on õõnsus, mis on spiraalse **aluskillega** kaheks käiguks ehk astrukuks (ülemiseks ja alumiseks) jaotatud (146. joon.). Ülemine ehk esikustrik on jaluse kaudu ühenduses keskkõrva õõnega, alumine ehk trummiastrik esikuga. Kummaski astruk on vedelik (endolümf). Aluskiles haruneb kuulmiserk, tekitades seal niidikeseid, mis ripsmeliste rakkude külge kinnituvad (147. joon.). Aluskile peal asetseb Corti-ehk spiraalorgan. Kaks vastastikku seisvat sammast moodustavad kaare. Kaar, ergukiud, ripsmelised rakud ja nende peale ulatuv katus-



145. joon. Kileline keerustik (labürint, skeem). 1: esiku kuulmemõik. 2—4: ülemine, tagumine ja külgmine poolringkanal. 5: esiku kotike. 6—8: esiku laiendeid ühendavad kanalid umbse osaga. 9: tigu. 10: tigu ja esikut ühendav kanal.

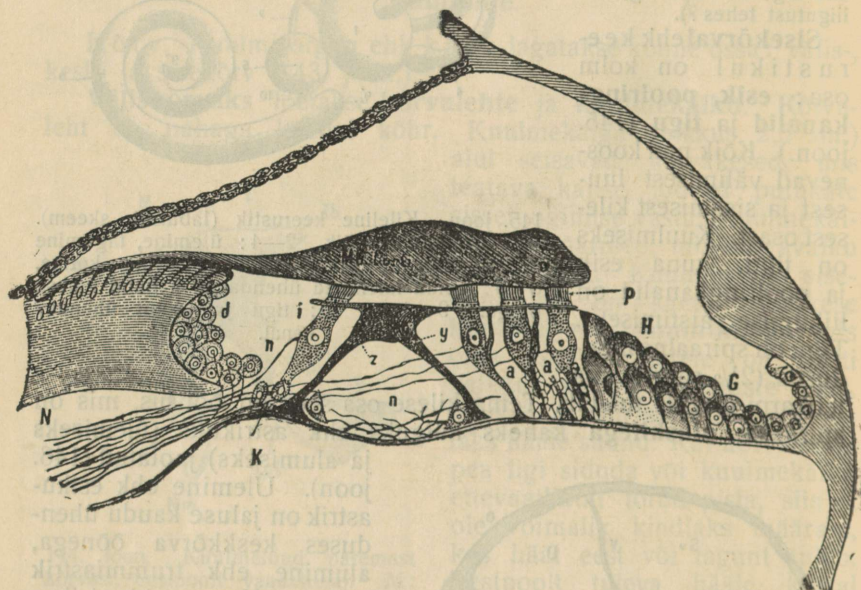


146. joon. Teo ristilõik. Sv: esiku-astrik. D: teojuha. St: trummiastrik. Ls: spiraal-leste. e: teo välimine sein. b: alusleste.

kile moodustavad Corti-organ i.

Ripsmelised rakud ja erguotsad ongi kuulmisärrituste — võnkumiste — vastuvõtjad. Õhulainetus paneb kuulmekile võnkuma. Võnkumine tungib kuulmeluude kaudu läbi pikliku

ehk esikuakna keerustikku, kus tekib endolümfis vastavõnkumine. Aluskile on aga mitmesuguse pikkusega kiud. Nagu klaveri vastavad keeled hakkavad kaasa võnkuma, kui nende kohal lauldakse, niisamuti hakkavad vastavad kiud võnkuma endolümfi lainetuste mõjul (Helmholtz'i järele). Võnkumise puhul hõõrdub katuskile vastavas kohas vastu ripsmelisi rakke, mis on kuulmisärrituste tekitajaks. Erutumus läheb vastavaid erguharusid mööda aju kuulmiskeskesse. Iga ärrituse vastuvõtjaks on niiviisi ise erguharuke. Seepärast on võimalik mitmekesiseid



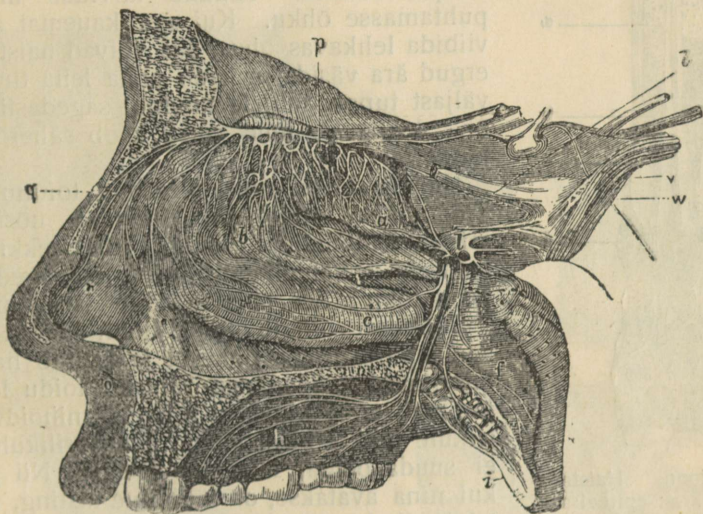
147. joon. Corti-organ'i ristilõik. N: kuulmiserk. n: erguharud. a: välimised ripsmelised rakud (tuumadega). i: sisemine ripsmeline rakk. Ripsmeliste rakkude külge puutub üleval Corti-kile (M. Corti). p: ripsmed. y, z: Corti-kaare välimine ja sisemine samm. H, G: aluskilel asetsevad rakud.

toone, mis korruga kuulatakse, teineteisest labutada ehk eraldi kuulda (võrrelda nägemisega — värvivurr!).

Ewald'i teooria järele võngub iga tooni puhul kogu aluskile, misjuures kilel tekivad lühemad või pikemad lained. Lainetuste vastuvõtmiseks on sel korral tegevad paljud erguotsad korruga. Ewald valmistas kummist kile, mille ta veega täidetud kambriksesse asetas, kuna ühes otsas oli kummikile kõrva kuulmekile järeleaimamiseks. Mikroskoobi all vaadeldes oli võimalik näha: et kile võngub hulgas kohtades, lainetusena. Vastavalt mitmekesisele toonidele oli lainete vahe suurem või vähem. See teooria on tõenäolisem.

Kuulda on need õhulainetused, mille võnkumiste rohkus on 15 kuni 20.000 korda sekundis. Aeglasemaid või kiiremaid lainetusi ei ole kuulda. Muusikas on tarvitavad toonid 16—4700 võnkumisega. Korratud võnkumised moodustavad mürä, kohina jne., korrapärased — tooni. Tooni ehk heli kõrgus oleneb võnkumise kiirusest. Aeglane võnkumine tundub madala, kiire — kõrge häälena. Heli kuulduv tasasena või tugevana selle järele, kas võnkumine on nõrk või tugev.

Helid, mille võnkumistel väike vahe, kuulduvad ühesugustena. Muusikalised inimesed suudavad väga peenelt kõrgust eraldada



148. joon. Nina pikilõik, parem pool. a, b, c: ülemine, keskmine ja alumine nina karbik. h: kõva (luune) suulagi. i: pehme suulagi. f: kurgu ülemine osa, kuhu avanevad kolm nina käiku. p: haistmisergu otsad, põimiku kujul. v, w: kolmikerk. g: üks kolmikergu haru.

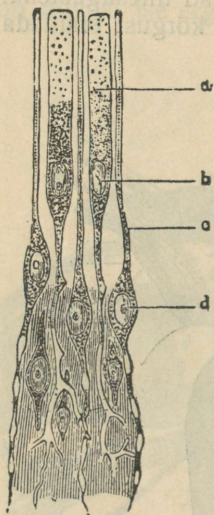
(näit. 1000 ja 1001 võnkumist sekundis). Kui hääle tugevus on teada, siis võidakse kaunis täpsalt hääle tulekukoht kindlaks määrata.

Haistmine.

Haistmise ülesannet täidab ninaõõne ülemine osa, iseäranis ülemise ninakarbiku limanahk. Haistmisergu harud tungivad läbi sõelluu aukude ninaõõnesse (148. joon.), kus nad limanahas harunevad. Iga haru lõpeb epiteeli rakkude vahel iseäralise pikliku meelerakuga (149. joon.), mis on haistmisärrituste vastuvõtjaks. Mitmesugused õhku sattunud ollused on haistmisrakkude ärritajaks. Õhu gaasid ei ärrita haiste-

erkusid (O_2 , N on lõhnata). Kahjulikud gaasid (näit. väävlisvesinik H_2S , fluorisvesinik HF jne.) on harilikult vastikud. Nii on haistmine rikutud õhu eest hoiatajaks.

Nina aistib ka paljude vedelate ja kindlate ainete lõhna (lõhnaõlid, eeter, kampver jne.). Kõigist neist vabanevad osakesed — molekulid, mis õhus lendlevad ja ühes õhuga ninasse satuvad. Seepärast on arusaadav, et me siis lõhna ei aisti, kui hingamise kinni peame või läbi suu hingame. Kui õhus on mõned lehkavad gaasid ehk aurud, siis jääb hingamine aeglasemaks või ajuti isegi hoopis seisma. Tundub tarvidus minna puhtamasse õhku. Kui aga kauemat aega viibida lehkavas õhus, siis võivad haistmisergud ära väsida ja kaob paha leha tunne: väljast tuppa tulijale tundub sagedasti toa õhk lehkavat, kuid varsti kaob säherdune tunne.



149. joon. Haistmisepiteel. a: epiteelrakk, millel harunev alumine haru. b: epiteelraku tuum. c: haistmisrakk. d: haist.-r. tuum. Haist-rakkude alumistest otsadest algavad erguniidid, mis ühinevad haistmiserguks.

Haistmisel on suur ülesanne toitumisel. Toidu lõhn äritab isu, kiirendab nõristamist. Rikkiläinud toidul, kus tekkinud bakterid ja kahjulikud ollused, on sagedasti paha lõhn. See hoiatab toitu tarvitamast.

Söömisel tungib toidu lõhn tagant üle suulaepurje nina õõnesse ja ärritab haistmiserkusid. Seepärast liituvad toidu lõhn ja maitse. Pannakse nina kinnihoidvale isikule tükk sibulat suhu, siis harilikult ta ei suuda öelda, mis aine see on! Nii pea kui nina avatakse, on tüübiline aisting, mis tekib sibula söömisel (katsetage eneselgi!). Kange nohu ajal on toidu maitse teine, ta on isegi maitsetu: siis ei ole tunda meeldiv lõhn, sest suust ei pääse õhk nina õõnesse (miks?).

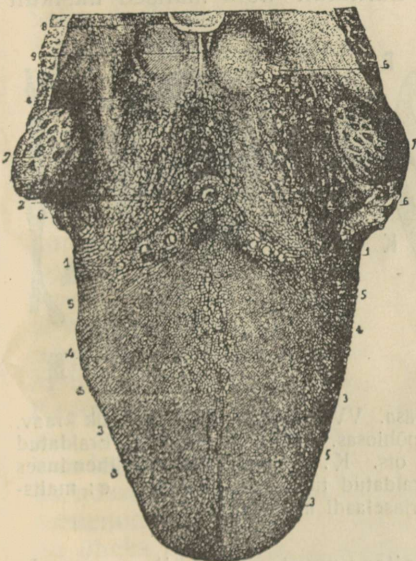
Haistmisergud on väga tundlikud. Aistitavad on olluse tuhandikud ja miljondikud osad milligrammist 1 liitri õhu kohta (0,000.5 mgr. eetrit, 0,000.002 mgr. muskust 0,000.000.04 mgr. merkaptani ühe liitri kohta).

Ehk küll inimesegi haistmisergud on väga tundlikud, ometigi jäävad nad tundlikkuse poolest kaugele taha mõne looma haistmiserkudest. Koer, hunt ja rebane näit. aistivad isegi jälgede lõhna! Lõhnaaistingud on väga mitmekesised, rasked klassifitseerida. Haistmiseks on arvatavasti mitmekesised erguotsad, sest kui teatava lõhnaga on haistmine väsitatud, siis võib veel teist lõhna väga hästi aistida.

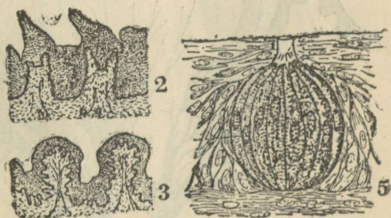
Kui korraga õhus mitu lõhnavat ollust, siis aistime neid kas enam-vähem üksikult või tekib uus — segalõhn. Mõned lõhnad koos tunduvad õhus ilma lõhnata, kuna nad üksikult lõhnavad. Sel viisil on võimalik mõnda paha lõhna teise abil kaotada.

Maitmine.

Maitismiseel näitab, nagu haistminegi, suurel määral, kas toit kõlblik või mitte. Mittetoitvad ja kahjulikud ollused ei maitse harilikult, või nad on vastikud. Maitsemiseks on keele pinnal mitmekesised näsad, kus ergud lõpevad. Keele pinnal on



150. joon. Keele pealmine pind. 1, 2: vallisnäsad. 3: seennäsad. 4: niitnäsad. 6: mahlanäärmed. 7: mandiid. 8: kõri-pealis.



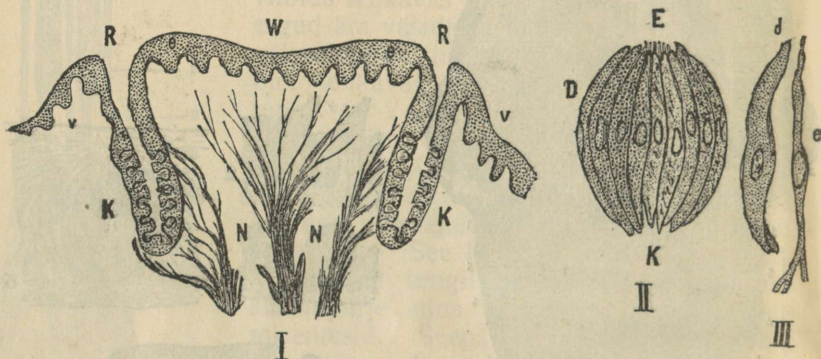
151. joon. Keele näsad. 2: niitnäsad. 3: seennäsad. 4: vallisnäsad maitsemispungadega (S). 5: maitsemispung.

niit-, leht-, seen- ja vallisnäsad (150 ja 151 joon.). Juba nimetus tähistab nende kuju. Vallisnäsad asetsevad keele pära ligidal, moodustades V-kujulise rea (150. joon.). Iga vallisnäsa ümber on nagu kraav — vall. Vallisnäsade külje peal lõpevad suurel arvul maitse-ergud maitsemispungades. Maitsemispung (151. ja 152. joon.) koosneb piklikkudest rakkudest, mis üksteise kõrval asetsevad. Iga raku välisel, peenikesel otsal on terav karvake, mis limanaha pinnani ulatub. Erguharud, mis on ühenduses maitsemispungadega, lähevad ajusse keele-neelu ergus. Maitsemis-

pungad on veel olemas leht- (keele kõrval tagapool) ja seen-
näsades (peaasjalikult keele eesotsas).

Maitse on neil ollustel, mis on lahustunud olekus. Eralda-
takse neljasugust maitset. Need on **magus**, **mõru**, **hapu** ja
soolane. Mitmekesised maitse iseärasused olenevad veel lõhnast
ja keele külge puutumise tundest. On leitud maitsemispungi, mis
ainult kas magusat või mõru maitset aistivad. Paljud inimesed
tunnevad mõru maitset ainult keele päraga. Nimetatud nähtused
lasevad arvata, et maitsemisaistingute vastuvõtmiseks on mitme-
kesised ergud.

Mitme maitsega toidus võib harilikult kõik maitseed üksikult



152. joon. I. Vallisnäsa ristilõik. W: näsa. VV: vallike. RR: lõhe ehk kraav.
KK: maitsemispungade asend, kraavi põhiosas. NN: närvid. II. Eraldatud
maitsemispung. E: keelepinnale ulatuv ots. K: alumine ots, mis ühenduses
ergukiududega. D: kateosa. III. d: eraldatud tugi- ehk katerakk. e: maitse-
misrakk, mille tipul harjaselaadi moodustised.

ära tunda. Mõnikord on aga maitse muutunud, näit. magus ja
soolane teatavas segus annab **lääge**, läila maitse.

Maitsemismeel on siiski puudulik hoiataja kahjulikkude ainete
suhtes: ta võõrdub hoiatamast. Mõnigi toiduaine on esialgu vastik
(juust, sinep, samuti tubak, alkohol jne.). Kuid vältavama tarvita-
mise korral kaob vastikus ja siis süüakse ning juuakse neid
kahjulikke aineid meelsasti.

Nahk meeleorganina.

Kompamismeel. Nahka tabavad mitmekesised ärritused. Kom-
pamismeel abil aistime, kas asi on kare või sile, terav või nüri,
kõva või pehme, vedel, liimiv, märg või kuiv jne. Nahas on
ärrituse vastuvõtmiseks palju erguharusid meelerakkudena, mis
seal kas vabalt või iseäraliste lõppkehadena (153. joon.) lõpevad.

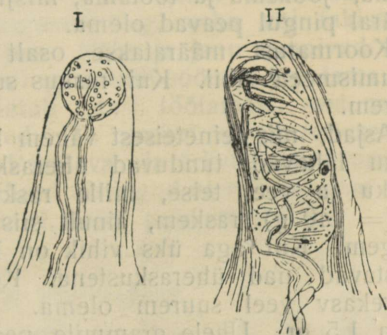
Kompamiskehakesi on kõige enam teravamais kehaosades (sõrmede otsad, keel), iseäranis vähe on neid selja peal. Selle järele on sõrmede otsad palju tundlikumad puutumise vastu kui selg või käe selg. Kompamis- ehk kobimismeel tundlikkust määratakse sel teel, et võetakse sirkel ja puudutatakse tema otsadega naha külge. Sõrme ots tunneb selgesti kahte otsa (silmad kinni!), kui otsad teineteisest $\frac{1}{2}$ sentimeetrit (isegi kuni 2 millim.) kaugel. Kui aga käeselja nahka puutuda, siis ei tundu kaks otsa (vahe $\frac{1}{2}$ sentimeetrit) mitte kahena, vaid ühena. Alles siis, kui vahe üle 3 sentimeetri (noortel üle 2 sm.), tundub 2 otsa. (Katsuge järele!). Selja peal peab vahe veel 2 korda suurem olema, et tunda kaht pistet.

Pimedail etendab kobimismeel väga tähtsat osa (töö! Milliseid pimedate töid tunnete?). Pime ning kurt Helen Keller suutis naha kompamismeel abil nautida laulu ja muusikat (käsi klaveril!), eraldada saagimist ja tagumist, kõnnaku ja tuule erinevusi jne. Pimedail on harilikult ka kuulmine terav. Kaotatud organi (silma) asemel on teised meeled rohkem tegevuses, enam-vähem asendades kaotust. Teised meeled on siis harilikult paremini arenenud tarvitamise tagajärjel (pime kobib rohkem jne.). See on üheks tõestuseks, et meeli võib tegevusega arendada.

Temperatuurimeeled. Soojus- ja külma-ärrituste vastuvõtmiseks on nahas erilised erguotsad. Neid ei ole, nagu ka puutumiserguotsi, igas naha punktis. Kui soojakstehtud vardaotsaga nahka puutuda, siis on soojus ainult kohati tunda. Samuti on lugu külmakstehtud vardaga. Külmapunkte on palju enam kui soojapunkte¹⁾. Kuid külmapunkti sooja vardaotsaga ärritamiselgi tundub külm.

Nahk võib temperatuuri kaunis peenelt eraldada, iseäranis $+29$ kuni $+32^{\circ}$ piirides (naha soojus). Harjumise tagajärjel on võimalik märgata isegi $0,05^{\circ}$ -line, harilikult aga $0,2$ — $0,6^{\circ}$ temperatuuri vahe.

Valumeel. Tugevad ärritused tekitavad harilikult valuastingu. Puudutatakse terava nõelaga (mitte väga kõvasti) naha külge,



153. joon. I: alumise huule ergu-lõppkehake. II: nimetissõrme nahaergu-lõppkehake. Kummagi lõppkehakese külge kinnituvad erguotsad.

1) Külmapunkte 6—32 rsm kohta, soojapunkte 0—3.

siis kohati tundub valu, kuna kohati ei ole valu märgata. Nii siis on ka valu jaoks erilised erguotsad. Juhtub, et valuergud on vigastatud, kuna puutumiserjud on terved. Sel korral aistib haige naha külge puutumist, kuid mitte valu.

Peaajul on võime naha tabavaid ärritusi koha järele ära tunda. Me tunneme kaunis peenelt, missugust nahaosa puudutatakse. Seda võimet nimetatakse **lokalisatsioonivõimeks**.

Lihaseemel. Me aistime lihase tegevuse määra, tema pingulolekut. Laps ei oska veel korralikult oma lihaste üle valitseda. Ainult aegamööda õpib ta hindama lihase pingutusi, õpib käima, jooksmata ja töötama õpib ta hindama lihase pingutusi, õpib käima, jooksmata ja töötama, misjuures tegevad lihased tarvilisel määral pingul peavad olema.

Koormatust määratakse osalt lihase-, osalt kompamis- ja rõhumismeele abil. Kui raskus suurem, siis on lihaste pinevus suurem.

Asjad, mis teineteisest vähem kui $\frac{1}{100}$ võrra raskuse poolest lahku lähevad, tunduvad üheraskustena. Kui võtame 14 kg vihiku ja veel teise, mille raskus $\frac{1}{100}$ võrra või enam 14 kg (= 140 g) raskem, ainult siis tunneme, et üks on teistest kergem. Kui aga üks vihik on 14 ja teine 14,1 kg raske, siis paistavad nad üheraskustena. Kergemate asjade juures peab juurekasv veel suurem olema. Iseraskustena tunduvad alles 1 ja 1,5 gr. Ühele grammile peab juurekasv olema $\frac{1}{2}$ võrra. Lihaseis, kõõluseis, liigeseis ja nahal tekkivate aistingute kaudu teame, kus asetseb iga jäse jne. (kehaseisundi aisting).

Liikumismeel.

Ettekujutuse ruumist saame nägemise, liikumise ja kompamise abil. Pea asendi ja liikumise tundmiseks ruumis on suur tähendus sisemise kõrva poolringkanaleil ja esikul. Kolme poolringi abil, mis isekeskis perpendikulaarsed, on võimalik aistida pea liikumist. Poolringides peitub endolümf. Kui pea näit. ringi liikuma hakkab, siis ei suuda endolümf horisontaalses poolringis paigal püsida, vaid ta jääb maha, tekib vool liikumisele vastupidises suunas. Endolümf vool ärritab poolringides lõpnevaid erguotsi ning selle abil saabki aju teateid pea liikumisest. Kui ringikeerutamine järsku peatada, siis hakkab endolümf endisesse seisukohta tagasi liikuma. Jällegi ärritab vool erguotsi ja tundub, nagu oleks keha vastupidises sihis liikuma hakanud, tundub pea pööritus ehk ümberkäimine. Pea pöörituse korral märkame selgesti, kuidas keha püüab tasakaalu alal hoida. Poolringides tekkiv erutumus andub edasi tasakaalu hoidmiseks tarvilistesse lihastesse. Poolringidest lähevad alaliselt erutumused lihasesse. Lõigatakse nad välja, siis on lihased lõdvad, neis puudub teatav alaline pingus ehk toonus. Pool-

ringkanalite abil aistitakse seega liikumist, eriti kiirendust, ja lihased reageerivad vastavalt sellele.

Esikust, mis koosneb kahest väikesest põiekesest, peitub ka endolümf ja veel otoliidid (kristallilised terakesed). Niipea kui pea asetub vertikaalsest seisundist mingisse teise, tekivad temas erutumused, mis silmade, jäsemete j. t. lihaseid mõjustavad.

— Meeli ei ole ainult 5, nagu harilikult öeldakse, vaid märksa rohkem. Tööjaotus meeleorganite vahel on kaugeleulatav.

Orgaanilised aistingud.

Orgaaniliste ehk üldiste aistingute hulka kuuluvad nälg, janu, väsimus, tervise- ja haiguseaisting, vaba või takistatud hingamise aisting, sugukihu jne. Nälg ja janu sunnivad toitu ja jooki tarvitama. Vastav aisting sunnib söömist lõpetama, kui küllalt söödud. Väsimus hoiatab edasi töötamast, sest muidu võivad tekkida tõsisemad rikked. Ta otsekui valvab tervise eest ja teda tuleb arvestada. Olnud teatava aja ärkvel, tekib tarvidus magada, unine olek. Orgaanilised aistingud etendavad elus väga tähtsat osa, reguleerides toitumist, tööd, puhkust jne.

Surm ja sigimine.

Surm. Üksiku inimese eluiga ulatub 70—100 aastani, harva üle selle. Teatavas vanuses hakkab keha kiduma. Kõik organid jäävad kergemaks, keha jääb lühemaks, isegi 6—7 sentimeetri võrra. Nahk tõmbub kortsuliseks, selg jääb harilikult kõuru, liikumine muutub aeglasemaks, mälu jääb nõrgemaks jne.

Kõrge-ealiste raukade eluviisi kirjeldused näitavad, et nad on olnud oma eluviisis harilikult väga mõõdukad.

Vanusele järgneb surm, mil lõpevad kõik keha eluavaldused. Suremise silmapilguks loetakse harilikult aega, mil mõistus ehk teadvus ja liigutused kaovad. Kahtlemata ei ole sel silmapilgul koed veel surnud. Kõige enamini lõpeb ergurakkude, siis lihaste, teiste organite ja naha rakkude elutegevus. Naha, iseäranis juuste, elusad rakud elavad veel mõni päev pärast organismi surma.

Suremine on pea alati tingitud südame seismajäämisest, mille põhjustavad harilikult kehas tekkinud mürgid. Kuid isegi süda ei ole organismi suremisel veel surnud: 19 tundi pärast surma on suudetud südant tegevusele äratada. Selleks tarvis temast kohast sooja lahust¹⁾ läbi lasta, mis südant hapnikuga varustab ja mürke kõrvaldab. Südame seismajäämisega on koed sunnitud nälgima ja nad ei suuda ainevahetuse lõppsaadusi eritada. Neil tingimusil jääb varemini või hiljemini kudedes ainevahetus igavesti seisma, kaob tähtsam eluavaldus.

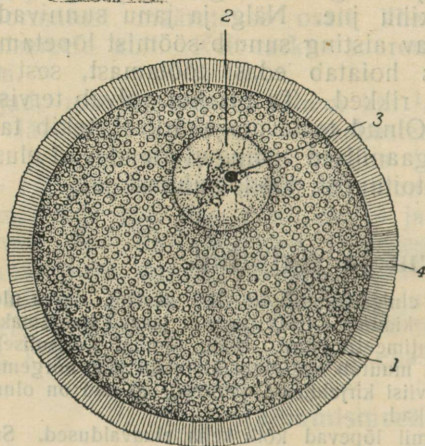
Paljudel juhtudel näib süda pärast surma hoopis terve olevat. Üldse arvatakse, et südame seismajäämine on tingitud vigastustest ja muutustest, mis piklikus ajus, uitergu keskes, toime tulevad. See tähendab, südamegevuse ja hingamise kesked ütlevad kõige enne endid tegevusest lahti. Nad on kõige tundlikumad niihästi ainevahetusel kui ka baktereid tekkinud mürgiste olluste vastu.

1) Locke'i lahus (sisaldab NaCl, KCl, CaCl₂ ja NaHCO₃).

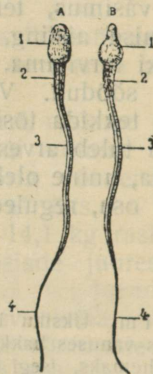
Ainevahetusel tekkivaid mürke peetaksegi vanussurma põhjuseks. Koed ei suuda enestest kõiki tekkivaid kahjulikke produkte eritada, vaid need jäävad rakkudesse võõra ollusena. Vanemate loomade ja inimeste ajurakkudes on märgata rasvasarnase olluse terakesi, mis puuduvad noorel. Rakkudesse jäänud võõrasollused takistavad elutegevust. Tähtsa organi tegevuse oluline takistus toob organismile surma.

Raske oleks olnud teostada organismi surematust: vigastused kuhjuvad! Tekkis surm. Selle eest aga võib rakkudevaheline tööjaotus kaugele ulatuda ja organism võib areneda sääraselegi kõrgusele, nagu inimene (võrrelda amööbi või liimukaga!). Kuigi elu lühikesevõitu, siiski võib inimene leida rõõmu säärasest tegevusest, mis teisel organismil võimata.

Sigimine. Surm ja sigimine on teineteisega ühenduses. Vanemad organismid surevad, nende asemele astuvad järglased, nooremad, nii et teatav



154. joon. 1: protoplasma rebuteradega (varu).
2: tuum. 3: tuumake. 4: munaraku kest.



155. joon. Seemnerakk. A: pealt. B: külje poolt. 1: pea. 2: kael. 3: kere. 4: saba.

liik ikka alal püsib, välja ei sure. Sigimisviisid on väga mitmekesised, nagu botaanika ja zooloogia kursustest teada. Sigimine etendab iga liigi elus tähtsat osa. Paljud taimed kannavad suurt toidumaterjali kuli, paljud loomad ohverdavad kaunis suure osa tööst ja tegevusest järelsugu ehk lõimetise kasuks (näit. mesilased, linnud, imetajad).

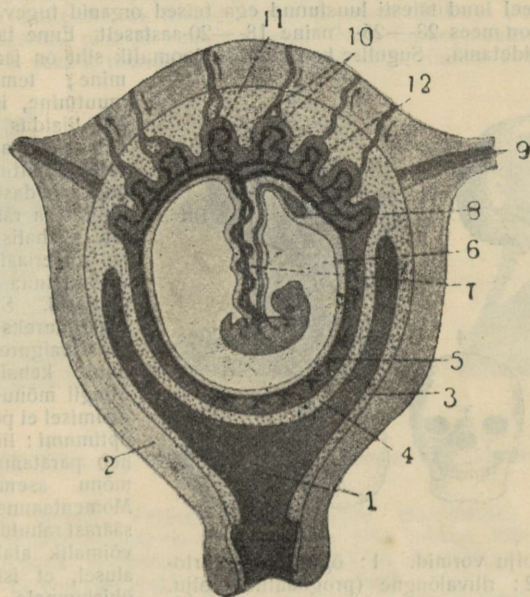
Teatavasti arenevad pea kõik elusad olevused munarakust. Niihästi talme kui ka looma munarakuga liitub harilikult seemnerakk ühte, missugust nähtust nimetatakse seemenduseks ehk viljastuseks. Seemendus võib toimuda väljaspool organismi (näit. konnadel, kaladel; viimastest heldavad emaloomad marja, isaloomad niisa vette, kus niisa seemnerakud marja munarakkudes tungivad), või aga ka organismi sees (seemnelised taimed, imetajad, linnud jne.).

Ka inimese kehas moodustuvad suguorganites teatavad rakud, mis sigimise ülesannet täidavad. Munarakud (154. joon.) arenevad munasarjades, mida on naise kehas kummagi külje pool väikeses vaagnas põie taga üks. Munarakk on piseke (diameeter 0,3 mm). Valminud munarakk kantakse munajuha ripmeliste rakkude abil emakasse.

Seemnerakud (155. joon.) tekivad mehe munandis. Seemnerakk on munarakust 50.000 korda vähem. Seemnerakul on saba, mille abil ta liigub.

Sugulise kooselamise korral juhitakse seemnerakud suguliikme abil tuppe, kust nad edasi emakasse tungivad. Seal liitub seemnerakk munarakuga ühte.

Pärast seemendust hakkab munarakk jaguma ja kinnitub emaka seinale. Munaraku jagumise tagajärjel tekkiv loode saab emaka kaudu ema verest toitu ja eritab sinna kõlbmatud saadused. Peale toidu annab ema veri lootele veel hapnikku, mis hingamiseks tarvilik. Loote soonkond on täiesti iseseisev: temasse ei pääse ema veri otsesel teel. Ainevahetus ema organismi ja loote vahel toimub pakseneva emaka seinaga ja lootekatte kaudu (emakoogis), kus mõlemas rikkalikult sooni (156. joon.). Loote veri voolab emakooki nabaväädi tuiksoonte kaudu, kust ta nabaväädi tõmbsoone kaudu toidumaterjaliga ja hapnikuga varustatult tagasi tuleb. Loote kopsud on täiesti tegevuseta,



156. joon. Emaka lõik kasvava lootega. 1: emakaõõs. 2: lihaskest. 3: limanahk. 4: loote ümber kasvanud limanahk. 5: lootekõld. 6: vesikesta õõs. 7: nabaväädi rippuva lootega. 8: rebukott. 9: munajuha. 10: emaka limanaha ja lootekõlla kokkukasvamiskoht. 11: emaka seinaga laiemad vereruumid. 12: loote hattude veresooneid.

mispärast neisse ainult vähe verd voolab: loote südamesse tuleb veri läheb paremast kojast otse läbi vaheseinas oleva augu vasemasse kotta, kust ta vasema vatsakese läbi kogu keha kihutatakse.

Nii kasvab loode emaihus, olles vigastuste eest hästi kaitstud. Munadel ja väljaspool keha arenevail looteil on palju enam võimalusi hukkuda, kas vaenlaste, külma või teiste kahjulikkude tegurite tagajärjel.

Munarakust tekkinud loode kasvab emaihus üheksa kuud, mille järele ta vastündinuna ilmale tuleb. Ta tõugatakse emakast emaka ja kõhulihaste (kõhupressi) kaastegevusel välja. Sünnitus on harilikult ühenduses valudega, mis on iseäranis tugevad ja kauakestvad nõrkadel emadel. Sünnitusraskused on tingitud kõige pealt väärtoitumisest ja puudulikust kehalisest tegevusest. Peale enda ihu toitmise ja sünnitamisvaeva tuleb emal veel oma lapse eest

palju hoolit kanda. Ema toidab last edaspidi oma piimaga. Peale selle tuleb last puhastada ja õpetada, nagu seda ka teiste imetajate loomade seas tähele võib panna.

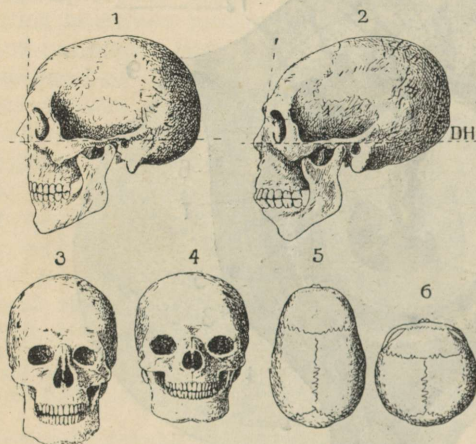
Säärase ligidase ühenduse tagajärjel ema ja lapse vahel on arusaadav õrnus ja armastus, mis harilikult valitseb kummagi poole vahel.

Valminud sugurakud ilmuvad naissool harilikult juba 13.—15., meessool 14.—17. eluaastail. Sest ajast alates võivad nad lapsi sünnitada, kuid nimetatud iga on selleks veel liiga varajane. On tähele pandud, et abieludes, kus väga noored vanemad sünnitanud, on emade suremus suur ja nende lapsed nõrgad. Sugukihu ilmub küll nimetatud eluaastail, kuid nii varakult ei ole keha veel täiskasvanud, ei ole kohane täisealise toimetustele. Teatavasti ei ole ses eas veel luud täiesti luustunud ega teised organid tugevaks muutunud. Täiskasvanud on mees 23.—25., naine 18.—20-aastaselt. Enne täiskasvamist ei pea abiellu heidetama. Sugulise kooselamise loomulik siht on järelsoo sünnitamine;

tema lõbuasjaks muutmine, iseäranis suguline liialdus, võib väga kardetavaks, ka tervist kurnavaks muutuda, misjuures õige sagedasti ka hingeline puhtus ja rahulolek kannatab. Kehalised kannatused ja materiaalsed raskused võivad luua väga rusuvaid olukordi. Sugukihu teeb liiga suureks rikkalik toit (eriti valgurohkus) ja puudulik kehaline tegevus. Mingil mõnude ehk lõbude otsimisel ei pea unustatama optimumi: liialdusele järgneb paratamatult oodatud mõnu asemel mõnutus. Momentaanne mõnu ei too säärast rahuldust, nagu see võimalik alalise teadvuse alusel, et isik on kasulik ühiskonnale.

Lapsele ainukohaseks esialgseks toiduks on emapiim. Emapiimas on olemas

157. joon. Kolju vormid. 1: õgulõugne (ortognaatne) ja 2: rihvalõugne (prognaatne) kolju. 3: kitsas ja 4: lai nägu. 5: pikk ja 6: lühike kolju.



lapse kasvamiseks kõik tarvilikud ained (peale valgu, rasva, suhkru ka vitamiinid ja toitesoolad). Lehmapiim sisaldab liiga palju valkainet, mispärast ta lahjendamata kujul seedimist raskendab. Lahjendatud lehmapiim sisaldab aga vähe teisi tarvilikke oluseid. Peale selle leidub lehmapiimas harilikult baktereid, mis seedimise korratusi ja teisi haigusi võivad tekitada. Keetmisega hävitatakse küll bakterid, kuid siis on hävitatud ka vitamiin ja piima koosseis on palju muutunud, iseäranis siis, kui piima kaua keedetakse.

Alguses on lapse kasvamine õige kiire. Esimese aasta jooksul kasvab ta umbes 3 korda raskemaks. Teine kiirem kasvamise ajajärk on 12. ja 16. eluaasta vahel.

Lapsed tarvitavad mitmekesist ja võrdlemisi rikkalikku toitu. Puuduliku toiduga kasvab laps aeglasemini ja langeb kergemini haiguste saagiks. Kui kasvav organism puuduliku toidu asemel hakkab küllaldast toitu saama, siis kasvab ta harilikult teistele omavanustele järele. Vastasel korral jääb ta vähemaks.

Tõud.

Inimesed erinevad üksteisest keha suuruse ja vormi, peavormi, naha, silmade ja juuste värvi, juuste ehituse ja teiste päritavate omaduste suhtes. Vaimsedki iseärasused on erinevad ja päritavad (põhjamaalase temperament!). Erinevuste järgi jaotatakse inimesed tõugudeks, kusjuures tähtsamaiks iseärasusiks on kolju vorm, näonurk (nina — kõrva, hammaste — otsmiku joonte nurk; vt. 157. joon. 1. ja 2), nahavärv, silmade ja juuste omadused. Peatõud ehk õigemini tõugude rühmad on valge, must ja kollane, naha värvi järgi nimetades.

Valge tõug (Euroopa rahvad): nahk hele kuni tumepruun (lõunas); juuksed sirged, lainjad ja lokilised, kõigis varjundis heledaist kuni pruunide ja mustadeni, karvakate rikkalik (habe); kolju enamasti lühike ja keskmise pikkusega; nägu ovaalne, nina ja huuled kitsad. Peale Euroopa rahvaste kuuluvad valge tõu hulka veel berberid, Egiptuse, Abessiinia ja Nuubia elanikud, juudid,



1
158. joon. 1^o: austraallane. 2: bušmen. 3: hiinlane.

araablased ja hindud. Valges tõuguderühmas eraldatakse mitu tõugu. Põhja tõug (Põhja-Euroopas) on pikakasvuline, pika koljuga, heledate juustega, siniste kuni hallide silmadega. Tõud on rohkesti üksteisega segunud, eriti Euroopas, nii et tõugude eraldamine tekitab raskusi.

Kollane tõug (mongoloidsed rahvad): kolju enamasti lühike; nägu väljalatuvate sarnadega, lai, kõrge otsmikuga; silmapilu viltune, nina lai; nahajume kollane kuni helepruun; juuksed mustad, sirged, mõnikord ka käharad. Kollase tõu hulka kuuluvad kõige pealt mongolid, hiinlased (158. joon.) ja jaapanlased. Indiaanlasedki (pruunikaskollane nahk, habe puudub, silmad viltused, kuid mongolivolt ülemisel laul on väheseil) kuuluvad siia. Kollase tõu sekka loetakse veel eskimod, malailased, türgi rahvused ja altai ürgrahvused.

Must tõug (negroidsed rahvad): peaaegu must nahajume; mustad villased juuksed; lihavad mõikjad huuled; vähearenenud ninaluu; taha kalduv otsmik; kolju hariilikult pikk (dolihoeketaalne). Musta tõu hulka kuuluvad neegrid, hottentotid, bušmenid (158. joon.), melaneeslased ja papualased. Austraallasedki loetakse musta tõu hulka (158. joon.).

Sisu.

	Lhk.
Eessõna	3
Mõisted	5
Rakk	6
Koed	13
Organid (elundid) ja organisüsteemid	15
Tugi ja kulgemine	15
Luud	16
Lihased ehk musklid	22
Skelett- ja muskulisüsteem	26
Lihaste tegevus	47
Töö toime	52
Tööviljakusest	54
Ergud ja refleksid	55
Seedimine ja toitumine	60
Toiduained	60
Seedeorganid ja seedimine	63
Imendumine	81
Assimilatsioon ehk sarnastamine	83
Toitumine	84
Toiduained	95
Veri ja vereringimine	99
Veri	99
Süda, sooned ja vereringimine	105
Südame ja soonte tegevuse korraldus	116
Immuniit	118
Mahl ehk lümf	119
Hingamine ja hingamisorganid	121
Eritamine	133
Naha ehitus ja tegevus	136
Soojus	139
Valgus	141
Kehategevuse korraldus	142
I. Sisesekreetsioon	142
II. Närvi- ehk ergusüsteem	144
Meeled	159
Nägemine	160
Kuulmine	170
Haistmine	173
Maitmine	175
Nahk meeleorganina	176
Liikumismeel	178
Orgaanilised aistingud	179
Surm ja slgimine	179
Tõud	183