A-10778

Prof. dr. JOH. PIIPER

SISSEJUHATUS ÜLDZOOLOOGIASSE

Viljastamine on elu pidevuse tingimus. Selle abil sünnitaja päästetakse surmast.

Van-Beneden

NOOR-EESTI KIRJASTUS TARTUS

KORREKTOR M. KINDLAM

ÜT 17612652

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

„Noor-Eesti Kirjastuse“ trükikoda Tartus, 1937.

SAATESÕNA.

Käesoleva raamatu koostamist põhjustas asjaolu, et meil üldzooloogia alal on seni puudunud ajakohane emakeelne teos, mis vastaks kõrgema kooli nõuetele, oleks käsiraamatuks iseõppijaile ja abiks juba õpitud ainete meeldetuletamisel ja kordamisel. Nende ridade kirjutaja poolt 1920. a. avaldatud „Üldise zooloogia põhijooned" on keelelt ja osalt ka sisult vananenud ega võimalda enam moodsas oskuskeeles väljendatud täpset ülevaadet zooloogia põhiliste mõistete üle. Käesolevas teoses olen püüdnud üldise zooloogia mõisteid käsitella lihtsas keeles ja selgitada vajalikke rahvusvahelisi zooloogilisi termineid asjaomaste uute emakeelsete oskussõnadega, toetudes prof. H. Riikoja ja lekt. J. V. Veski teoseile „Eesti-keelseid zooloogilisi oskussõnu" (1927) ja „Selgrootute loomade süstemaatiline nimestik" (1924) ning „Eesti entsüklopeediale" (1931—1937).

Abi eest redaktsiooniliste tööde sooritamisel avaldan südamlikku tänu oma abikaasale mag. zool. E. Püper'ile.

J. Püper.

I. ÜLDOSA.

1. ZOOLOOGIA MÕISTE JA ÜLESANNE.

Zooloogia e. loomateadus on bioloogia e. eluteaduse (e. olendiloo) osa. Teiseks bioloogia osaks on botaanika e. taimeteadus.

Zooloogia ülesandeks on kirjeldada, võrrelda ja liigitada nüüdisaegsete ja muistsete väljaarenenud (suguküpsede) ja arenevate loomade omadusi ning sel alusel avastada seaduspärasusi, mis valitsevad loomariigi eluavaldusis.

Zooloogilised teadusharud (distsipliinid). Looma igakülgne tundmaõppimine nõuab vastust järgnevaile põhiküsimustele: milline on looma välislaad ja siseehitus, teke ja arenemine, osade talitlused, elutingimused ja eluviisid, levimine ruumis, liigi ilmumine (resp. kadumine) ajas, põlvnemine ning sugulussuhted teiste loomadega ja lõpuks asukoht loomade looduslikus süsteemis.

Neile põhiküsimustele püüavad vastust anda järgnevad zooloogilised distsipliinid: morfoloogia e. kujuõpetus, füsioloogia e. talitlusõpetus, geneetika e. pärilikkus- ja muutlikkusõpetus, ökoloogia e. olendite suhtumise e. elutingimuste õpetus, etoloogia e. elutava e. eluviiside õpetus, koroloogia e. õpetus ruumilisest levimisest, kronoloogia e. õpetus loomaliigi tekke või kao ajast, fülogeenia e. suguvõsalugu ja süstemaatika e. kavastusõpetus.

Morfoloogia e. k u j u - (vormi-) õ p e t u s on teadus väljaarenenud (suguküpsede) ja arenevate loomade ning nende osade v ä l i s k u j u s t ja s i s e e h i t u s e s t — niihästi jämedast, paljale silmale nähtavast (makroskoopilisest) kui ka paljale silmale nägematust (mikroskoopilisest).

Et morfoloogia käsitleb ka muistseid, väljasurnud loomaliike (petrefakte e. fossiile e. kivistisi, kivistunud loomi), esineb ta ka p a l e o z o o l o o g i a e. iideloomateaduse olulisema osana.

Morfoloogia alaliikideks on:

h a a b i t u s e - (eksterjööri-) e. v ä l i s l a a d i õ p e t u s, mis eritleb looma väliskuju, suurust, välisliigestust, pinnalaadi, värvust;

p r o m o r f o l o o g i a e. p õ h i k u j u õ p e t u s, mis käsitleb loomade põhikuju ja sümmeetriasuhteid;

o r g a n o l o o g i a e. o r g a n o g r a a f i a e. e l u n d i õ p e t u s uurib loomakeha koosnevust elundeist ja viimaste liitumist elundkondadeks;

h i s t o l o o g i a e. k o e õ p e t u s eritleb looma kudesid ja nende ühinemist elundeiks;

t s ü t o l o o g i a e. r a k u õ p e t u s käsitleb looma kudesid koostavaid rakke ja viimaste osi;

o n t o g e e n i a e. i s e n d i l u g u tegeleb looma arenemisega ja sellega seotud vormimuutustega, alates munaga (või üldse noore vormiga — mittesugulisel sigimisel) ja lõpetades loomuliku vanaduse ja surmaga;

e m b r ü o l o o g i a e. l o o t e l u g u uurib ontogeneetilise e. isendiloolise arenemise varasemaid astmeid, mis loom läbi elab seespool muna- või lootekesti.

Peamiseks uurimismeetodiks morfoloogias on a n a l ü ü s e. eritlus (lahutus) ja v õ r d l u s (komparatsioon). Loom, elundkonnad, elundid, koed ja rakud lahutatakse neid koostavaiks osiseiks, et paremini tundma õppida nende liitumist organismiks. Siit ka organoloogia nimetamine a n a t o o m i a k s e. l a h a s t a m i s õ p e t u s e k s e. z o o t o o m i a k s e. l o o m a - l a h a s t a -

misõpetuseks ja histoloogia nimetamine mikroskoobiliseks anatoomiaks.

Kirjeldav e. deskriptiivne anatoomia lahutab looma keha seda koostavaiks elundeiks, uurib elundite vahel valitsevaid suhteid ja samuti ka vahekordi looma kui terviku ja ta üksikute osade (elundkondade, elundite) vahel. Kirjeldavat anatoomiat nimetatakse ka zoograafiaks e. loomakirjelduseks.

Topograafiline e. paika kirjeldav anatoomia käsitleb eraldi üksikuid kehapiirkondi (alasid, regioone) ja nende vahel valitsevaid suhteid.

Võrdlev anatoomia võrdleb kahe või mitme looma osi eesmärgiga avastada neile ühiseid, homoloogseid e. samandilisi elundeid. Homoloogsed on elundid, mil on looma kehas sama paik, ehitus ja tekkeviis (näit. inimese käsi ja linnu tiib). Mida rohkem on võrreldavail loomil homoloogseid elundeid, seda suurem on nende vastastikune sugulus.

Võrdlev embrüoloogia e. lootelugu võrdleb homoloogseid arenemisastmeid, s. o. selliseid, mil on sama paik teiste arenemisastmete vahel ja samane elundiline koosseis. Nagu võrdleva anatoomia abil, nii on ka võrdleva embrüoloogia abil võimalik avastada sugulussuhteid, mis valitsevad üksikute loomatüüpide vahel.

Eksperimentaalne morfoloogia e. katseline kujuõpetus käsitleb looma kasvamisega ja kujumuutustega seotud nähtusi asjaomaselt ülesseatud tingimustel.

Füsioloogia on teadus looma keha ja selle osade funktsioonidest e. talitlusist, s. o. looma keha koostavate rakkude, kudede ja elundite tegevusest ning tööst.

Füsioloogia uurib elutalitlusi eksperimentaalse analüüsi e. katselise eritluse abil, tarvitades seejuures füüsika, füüsikalise keemia ja keemia meetodeid.

Üld- e. rakufüsioloogia uurib elutoime üldtingimusi ja seaduspärasusi, mis ilmnevad elusolluse aine, jõu ja vormi muutusis ning ärrituvuses.

Erifüsioloogia e. spetsiaalse füsioloogia uurimisesemeks on üksikute elundite ja elundkondade talitlused. Üksikute elundkondade alusel jaguneb erifüsioloogia naha, toese ja lihaste koostööl põhinevaks liikumisfüsioloogiaks ühes närvikava-, meelte-, seedimis-, hingamis-, vere- ja koemahla-ringlus-, eritus-, sisenõristus-, sigimis- ja arenemisfüsioloogiaga.

Arenemisfüsioloogia kannab ka arenemismehaanika nime.

Loomade keemilist koosseisu ja ainevahetuse füsioloogiat uurib füsioloogiline keemia e. biokeemia.

Närvi, lihase, meeleriista, töö, loomalise elektri, hingamise ja vereringluse füüsikalisi toimeid eritlev erifüsioloogia osa kannab biodünaamika nime.

Võrdlev füsioloogia uurib seda või teist füsioloogilist funktsiooni e. elutalitlust võrdlevalt mitmesuguseil loomavormidel, avastades loomade organisatsioonis e. rakingus analoogseid elundeid. Analoogsed e. sarnandilised on elundid, mil on sama talitlus, vaatamata sellele et nad pole morfoloogiliselt samased, s. o. homoloogsed (näit. linnu tiib ja putuka tiib).

Nagu võrdlev anatoomia püüab leida loomade organisatsioonis (rakingus, korrastuses) ühist ehitusplaani, nii taotleb võrdlev füsioloogia avastada loomavormide reas ühiseid talitlusplaane.

Geneetika e. tekkeloo esemeks on loomade pärilikkusega (hereditaablusega) ja muutlikkusega (variaablusega) seotud küsimused. Geneetika püüab eritella tegureid ja nende talitlustingimusi, mis põhjustavad loomariigi evolutsiooni e. arenemist. Geneetika on eksperimentaalne, katsele rajanev teadus.

Zoopsühholoogia e. looma-hingeteadus uurib loomade käitumist või loomade hingeelu, tõlgit-

sedes seda sarnuse (analoogia) järgi inimesega. Peamiseks meetodiks loomapsühholoogias on katse.

Ökoloogia e. olendite suhtumise õpetus e. elutingimuste ja eluviiside õpetus käsitleb looma suhtumist ümbruskonda, miljöösse — niihästi elutusse (õhk, vesi, aluspind jne.) kui ka elavasse (teised olendid).

Ökoloogiliste küsimuste piirkonda kuulub looma kohastumine e. adaptatsioon ümbruskonnaga ja sellega seotud elutava (eluviis), nagu toitumine, pesaehitus, lõimetishoole, esinemistihedus, rännakud, kooselu, olelusvõitlus jne.

Autökoloogia tegeleb üksiku looma suhtumisega elutingimustesse — niihästi üldistesse kui ka erilistesse.

Üldised elutingimused (toit, hapnik, vastav temperatuur jne.) on vajalikud kõigile loomile. Erilised elutingimused aga erinevad antud loomaliigi kohaselt (näit. on eriliseks elutingimuseks kalale vesi, mutile muld, mesilasele õied).

Sünökoloogia uurib seaduspärasusi, mis valitsevad antud eluasemel e. biotoobis (näit. järves) elutsevas eluühisuses e. biotsönoosis. Loomalise biotsönoosi moodustab antud biotoobis elutsevate loomaliikide kogumik.

Nimetust ökoloogia tarvitatakse tavaliselt siis, kui kõnet on loomade elutingimustest. Tahetakse aga rõhutada loomil elutingimustest esilekutsutud elutava, siis eelistatakse nimetust etoloogia e. elutavaõpetus.

Ökoloogiat etoloogiaga kutsutakse ka bionoomiaks e. eluseadluste õpetuseks ehk bioloogiaks sõna kitsamas mõttes. Bioloogia laiemas mõttes on, nagu varemalt nägime, ühine nimetus zooloogiale ja botaanikale.

Paleobioloogia e. iidealoomasuhtumisõpetus on paleozooloogia e. iideloomateaduse haru ja uurib väljasurnud loomavor-

mide elutingimusi ning elutava. Et ajaloolisi toimeid ei saa vahetult vaadelda, püütakse neid võimalikult täpselt ennistada (restaureerida), võrreldes muistseid loomavorme neile lähedate nüüdisaegsetega ja tuletades elundite ehitusest oletusi nende talitluse kohta. Püütakse selgitada niihästi antud loomaliigi jäänukeid sisaldavate maakihtide teket ja kivististe (petrefaktide, fossiilide) kui ka eluvermede (-jälgede) asendit neis kihtides, tuletades sellest oletusi kivistunud loomade elutava kohta.

Zoogeograafia e. loomageograafia uurib loomade levimist maakeral. Ta püüab leida põhjusi loomaliikide ja teiste looma-süstemaatiliste ühikute levimiserinevusile, kasutades seejuures abiteadustena ökoloogiat, paleozooloogiat ja süstemaatikat.

Zoogeograafia kannab ka loomade koroloogia e. levimisõpetuse nime.

Faunistiline loomageograafia uurib üksikute loomaliikide ja neid koostavate alamliikide e. geograafiliste rasside levilaid e. areaale, samuti ka üksikute maa-alade (näit. Eesti) loomastiku süstemaatilist koosseisu.

Ökoloogiline loomageograafia tegeleb maakera eluruumi e. biosfääri kolmes biotsüklis: meres, magevees ja maismaal ning nende osades — biohhoorides (litoraalis e. ranna-alas, abüssaalis e. süvavee-alas, pelagiaalis e. vabavee-alas, maismaa kõrve-, rohtla-, metsade-vöötmeis, mägedes jne.) elutsevate loomaühiskondadega (biotsönoosidega), püüdes eritella nende sõltuvust biohhooride elutingimustest, selgitada nende teket ja neid liigitada.

Geneetiline e. histooriline loomageograafia ennistab paleozooloogiliste andmete põhjal loomariigi ökoloogilist ja faunistilist levimist möödunud geoloogilistel perioodidel ja käsitleb kaasaegse loomariigi levimispildi ajaloolist arengut.

Kronoloogia e. ajateadus püüab kindlaks teha üksikute loomaliikide ilmumise, õitsengu ja kao

aega, ammendades seks andmeid paleozooloogialt ja ajalooliselt geoloogialt.

Fülogeenia e. suguvõsalugu on teadus loomaliikide arenemisest e. evolutsioonist maakera ajalugu moodustavate geoloogiliste perioodide vältel. Fülogeenia uurib morfoloogilisi, füsioloogilisi ja etoloogilisi muutusi, mis on toimunud loomaliikidega nende evolutsiooni kestel. Fülogeenia püüab avastada loomaliikide ja kõrgemate süstemaatiliste ühikute vahel valitsevaid genealoogilisi e. sugulussuhteid.

Abiteadusiks fülogeeniale on geneetika, paleontoloogia, võrdlev anatoomia, embrüoloogia ja zoogeograafia ühes kronoloogiaga (resp. geoloogiaga).

Fülogeeniat nimetatakse ka destsendentsiteooriaks e. põlvnemisõpetuseks ja transformismiks e. muundumisõpetuseks, evolutsiooniteooriaks e. arenemisõpetuseks.

Empiiriline fülogeenia kogub ja korraldab ülalmainitud teadusilt saadud andmeid, kaaludes nende väärtust suguvõsalooliste küsimuste lahendamisel.

Spekulatiivne e. filosoofiline fülogeenia taotleb koostada üldkujutelma loomariigi evolutsiooni käigust. Ta katsub empiirilise fülogeenia poolt väljatöötatud andmete ja põhjendatud hüpoteeside alusel selgitada sugulussuhteid, mis valitsevad loomariiki moodustavate süstemaatiliste ühikute vahel, püüdes väljendada neid suhteid ülevaatlikkude sugupuude kujul.

Süstemaatika e. kavastusõpetus (ka taksonoomia, klassifikatsioon) rühmitab kõik loomavormid nende sarnasuse ja erinevuse alusel alamliikideks (*subspecies*), liikideks (*species*), perekondadeks (*genus*), sugukondadeks (*familia*), seltsideks (*ordo*), klassideks (*classis*), harudeks (*cladus*), hõimkondadeks (*phylum*) ja riikideks (*regnum*).

Alamliike nimetatakse ka teisenditeks e. varieteetideks ja tõugudeks e. rassideks.

Rühmitamise (klassifikatsiooni) aluseks on eeskätt morfoloogilised teadused ja fülogeenia. Uuemal ajal kasutatakse lähedate loomavormide süstemaatilise asukoha selgituseks ka füsioloogiat (seerumi- e. vadakudiagnostikat) ja geneetikat (resp. ristlusanalüüsi e. mendelismi).

Looduslik süsteem põhineb loomade looduslikul sugulusel, mille on avastanud fülogeenia, ja arvestab oma otsinguis kõigi antud loomavormide tunnustega, niihästi välistega kui ka sisestega.

Üksikute klasside, seltside, sugukondade jne. piirides esinevad veel kunstlikud süsteemid ja määramistabelid. Need võimaldavad looma hõlpsat äratundmist ja määramist. Kunstlikud süsteemid põhinevad väheseil, peamiselt väliseil, kergesti äratuntavail tunnuseil.

Süstemaatilise zooloogia harudel, mis tegelevad üksikute loomarühmadega, on erilised nimetused, näit. mammaloloogia e. imetajateadus, ornitoloogia e. linnuteadus, herpetoloogia e. sisalikuteadus, batrahholoogia e. kahepaikseteadus, ihtüoloogia e. kalateadus, entomoloogia e. putukateadus, malakoloogia e. limuseteadus, helmintoloogia e. ussiteadus.

Parasitoloogia e. nugiseteadus on õpetus teiste loomade kulul elavaist ja neile kahju tegevaist nugilistest e. parasiitidest.

Üldzooloogia tegeleb tõsiasjadega, mis on ühised kõigile loomadele, ja seaduspärasustega, mis maksavad kõigi loomade kohta.

Erizooloogia uurib üksikuid loomaliike.

Praktiline e. **rakenduszooloogia** on teadus loomade kasust ja kahjust inimesele. Siia kuuluvad meditsiiniline e. arstiteaduslik zooloogia, veterinaar- e. loomaarstiteaduslik zooloogia,

koduloomade zooloogia, kalanduslik zooloogia, metsa- ja jahizooloogia jne.

Teoreetilise e. filosoofilise zooloogia peaprobleemiks on üldprintsiipide ja üldseaduste eritlus, millele rajanevad loomade üldtunnused, nagu isendilisus (individualiteet), aine-, jõu- ja vormimuutus, ärrituvus, kasvamine, sigimine, isendi ja suguvõsa arenemine, suhtumine eluruumisse ja -ajasse, suhtumine taimeriigisse.

Siia kuuluvad ka elunähtuse seletamiseks ülesseatud mehhanistlik, vitalistlik ja holistlik hüpotees, samuti ka teooriad elu tekkimise kohta maakeral ja looma võrdlus taimega.

2. LOOMALISE ORGANISMI ÜLDTUNNUSED.

Individualiteet e. isendilisus. Iga loom on orgaaniline indiviid e. elundiline isend. Looma kui orgaanilist indiviidi iseloomustab kolm olulist tunnust:

1) ruumiline piiratus, eraldus muudest looduskehadest;

2) kindel organisatsioon e. korrastus (e. raking), mis ilmneb eripärases morfoloogilises ehituses (välislaadis ja sisekoetises) ja isepärases keemilises koostises;

3) autonoomsus e. osaline iseseisvus, s. o. võime talitella ja areneda sisemisil põhjusil — spontaanselt, ilma väljaspoolse tõuketa.

Kõrgemail loomil (inimesel, putukal) on indiviid e. isend jagamatu tervik selles mõttes, et ta osadel puudub võime iseseisvalt elada.

Paljud alamad loomad (näit. rips- ja vihmussid) võime tükeldada osadeks, millest igaüks uuesti regenereerub (uudub) tervikuliseks ja eluvõimeliseks indiviidiks.

Teiselt poolt on alamate loomade seas selliseid (näit. putkelised e. sifonofoorid), kes koosnevad ühisel kännisel (*cormus*) istuvaist üksikloomist, nn. loomikuist e. zooididest. Ehkki viimased esinevad võrdlemisi ise-

seisvate indiviididena, puudub neil võime olelda kännisest lahus.

Ülaltoodust selgub, et loomariigis leiame kahte liiki indiviide, kellest ühed on reaalsed, tõelised, teised aga potentsiaalsed e. võimalikud. Tõelised isendid, nn. bionid e. püsilased on suutelised elama iseseisvalt. Võimalikud indiviidid, nn. morfonid e. kujuisendid (kujulased) pole võimelised iseseisvalt olelema.

Loomariigis esinevad järgmised individuaalsed astmed: rakk, kude, elund, isik, seltsing. Iseseisvalt elava ainurakse loomana on rakk bion, koerakuna aga morfon.

Rakk kui kõige lihtsam bion on elementaarorganism, lihtolend.

Morfoloogilised tunnused. Loomakehas leiame kolme liiki koetisi (struktuure):

1) protoplasma e. elusolluse mikroskoopiline peenkoetis (teraline, vahuline, kiukeseline jne.);

2) rakkude ehitus rakukehast e. tsütosoomist ja selles asetsevast tuumast;

3) elundkoetised. Ainurakseil loomil (algloomil) on elundkoetisiks eristunud eriomased rakuosad — rakuelundid e. organellid. Hulkrakseil on elundkoetisiks kas eriotstarbeks eristunud rakud või ühest või mitmest koest koosnevad elundid e. organid.

Keemilised tunnused. Siiani tuntud 89 keemilisest elemendist leiame loomakeha koostavas elusolluses e. protoplasmas (alglimas) ja selle tekiseis alati 12 elementi. Neist on 7 metalloidid: süsinik (C), vesinik (H), hapnik (O), lämmastik (N), väävel (S), vosvor (P) ja kloor (Cl), ja 5 metallid: kaalium (K), naatrium (Na), magneesium (Mg), kaltsium (Ca) ja raud (Fe).

Need on biogeensed e. elutekitavad elemendid. Peale nende võib loomakeha aines juhuti esi-

neda veel rida muid elemente (Cu, Mn, I, Zn, As, Br jne.). Kõik need lihtained esinevad ka taimis ja eluta looduses.

Biogeenseist elementidest langeb pearõhk C-le, H-le, O-le, N-le, S-le ja P-le. Nende aatomeist koosnevad valkainete (proteiinide ja proteiidide) molekulid, millised ained moodustavad protoplasma peaosa.

Peale valkainete sisaldab protoplasma veel süsivesikuid, rasva ja rasvandeid e. lipoide e. fosfatiide (vosvorit sisaldavaid rasvjaid aineid).

Kõik need keemilised ühendid tekivad looduses ainult elusolendeis ja moodustavad mitmesuguste sooladega (Na, K, Ca, Mg) ja veega (80—90%) erilise tartelja, liimitaolise kolloidsüsteemi e. kolloidlahuse.

Füsioloogilised tunnused. Looma kui elusolendi keha ei viibi iialgi täielikus puhkeolekus, vaid ilmutab alatist aine- ja energiavahetust.

Aineist võtab ta ühed endasse, teised eraldab tagasi välja. Ainega omandatud keemilise energia muudab ta teisteks jõuliikideks (liikumiseks, soojuseks, mehaaniliseks tööks, elektriks jne.). Kuid hoolimata sellisest mateeria ja jõu vahetusest püsib loomalise organismi morfoloogiline struktuur (koetis), keemiline koostis ja energeetiline tasakaal lühemat või pikemat aega muutumatult alal. Loom kui elav organism on nagu küünlaleek, mis, ehkki sisemiselt täis tõhusat liikumist, näib väliselt püsivat ikka samas seisundis. Me ütleme sellepärast, et loom kui elusolend viibib dünaamiliselt tasakaaluolekus, et ta elutoime esineb püsiva, statsionaarse protsessina.

Kuid looma koostava elusolluse dünaamiline tasakaal võib ka ajutiseks muutuda. See muutus ilmneb looma aine- ja jõuvahetustoime pinge kõikumisis, eriti aga looma liikumisis.

Igasuguse loomalise liikumise alglätteks on rakkusid moodustava protoplasma osakeste paigamuutused. Need muutused on sisemiselt põhjustatud, nad on spontaansed,

iseenesest tekkivad. Kudede ja elundite kaudu korrutatakse need mikroskoopilised elusolluse liikumised suurema ulatusega sise- ja välisliikumisiks ja kogu looma kulgemiseks paigast paika.

Ärrituvus. Loomalise organismi iseloomulikemaid tunnuseid on ta rakkude, kudede ja elundite ärrituvus e. irritaablus.

Ärrituvus esineb looma võimes reageerida väli- või sisetingimuste muutusile oma elusolluses toimuva statsionaarse protsessi dünaamilise tasakaalu muutustega. See tasakaalumuutus ilmneb kas liikumises või mõnes muus aine- ja jõuvahetustoime avalduses.

Ärritus. Väli- ja sisetingimuste muutused, mis kutsuvad esile loomalises protoplasmas dünaamilise tasakaalu muutusi, kannavad ärrituste nime.

Ärritused erinevad kvalitatiivselt (füüsikalised, keemilised, füsioloogilised, psüühilised) ja kvantitatiivselt (ärrituse miinimum e. alammäär, optimum e. keskmäär ja maksimum e. ülemmäär).

Loomalise organismi reageerimine ärritusile oleneb eeskätt looma (või ta elundite, kudede ja rakkude) liigist, siis ärrituse laadist (kvaliteedist ja kvantiteedist) ning lõpuks looma elusolluse dünaamilise tasakaalu seisundist enne ärritust.

Nagu teame omaenese kogemustest ja kõrgemate loomade käitumisest, on teatavad ärrituvustoimed peaajus seotud vaimsete, psüühiliste nähtustega.

Reversibiilsed e. pööratavad ja irreversibiilsed e. mittepööratavad elutalitlused. Loomaline organism avaldab kahte liiki elutalitlusi. Ühtedel neist toimuvad ainult ajutised elusolluse dünaamilise tasakaalu (statsionaarse seisundi) muutused. Varem või hiljem satub organism tagasi oma endisesse tasakaaluolekusse. Sellised elutalitlused on reversibiilsed e. pööratavad protsessid, tsüklilised e. ringilised toimed. Siia kuuluvad aine-

ja energiavahetustoimed ühes liikumisega ja suurelt osalt ka ärrituvus.

Kuid peale ringiliste, pööratavate talitluste leiame loomil veel sääraseid sisemisil põhjusil toimuvaid muutusi, kus statsionaarne, püsiv tasakaaluseisund muutub jäävalt uueks, endisest seisundist püsikestvalt erinevaks. Sellised muutused on mittepööratavad, irreversiibiilsed toimed. Mittepööratavaiks olendi eluavaldusiks on kuju-(vormi-)vahetusega seotud kasvamis-, sigimis- ja arenemisnähtused.

Sigimine. Mittesugulisel sigimisel võrsub loom ühestainsast, sugulisel tavaliselt kahest vanemast, harvemini — neitsisigimisel e. partenogeneesil — ühest.

Neitsisigimine on sugulise sigimise vorm, kus loom tekib viljastamata, seemendamata (s. o. seemnerakuga ühinemata) munarakust.

Tavalisel sugulisel sigimisel areneb viljastatud (seemendatud) munast rakkude kogumik, mis rakkude loendamatuil pooldumisil kasvab ning kudedeks ja elundeiks eristudes kujuneb suguküpseks loomaks. Viimane soetab uusi sugurakke, vananeb ja sureb.

Sugurakkude kaudu on loomaline elu levinud pideva, surematu elusolluse niidina sadade aastamiljonite kestel läbi loendamatute surelikkude loomapõlvede. Loomalise elu pidevus maakeral põhineb rakuridade pidevusel.

Et iga munarakk võib alguseks olla uuele isendiarengule e. ontogeneesile, kasvab isendite arv põlvede kestel üha suuremaks („sigimisrõhk"). Kuid sellele ohtrale indiviidide hulga kasvule panevad piiri elutingimuste karmused („ümbruskonna vastupanek").

Geneetilised omadused. Oletatakse, et iga looma sugurakkudesse on talletatud hüpoteetilisist pärilikkusühikuist e. geenidest koosnev pärilikkusmass e. genotüüp (sugemetüüp). See looma sugurakkudes peituv genotüüp sisaldab tingimusi, mis an-

tud sugurakkudest loovad uue olendi, kes samadel olelustingimustel on arenemiselt, ehituselt ja talitluselt oma sünnitaja laadi.

Selles pärilikkustegurite e. genotüübi ülekandes eellasilt järglasile seisnebki p ä r i l i k k u s - e. h e r e d i t a a b l u s n ä h t u s.

Pärilikult ühesuguseil, s. o. sama genotüübiga loomil on antud arenemisastmel sama r e a k t s i o o n i n o r m, s. o. sama kostangulaad välis- ja siseärritusile (e. elutingimuste muutusile). Sellisest ühisest genotüübist tingitud samalaadse reaktsiooninormi tõttu arenevad ja toimivad need loomad antud olelustingimuses samal viisil. Nad hoiavad alal need morfoloogilised, füsioloogilised, psühholoogilised ja etoloogilised tunnused, mis nad olid pärinud oma vanemailt.

Et viljastusel toimuvad munarakkudes uued emaste ja isaste pärilikkustegurite (geenide) kombinatsioonid, et sugurakkude geenid võivad muutuda (harukorril) või et arenevaid munarakke ja neist tekkivaid looteid või hilisemaid arenemisjärke mõjustavad erinevad elutingimused, siis pole munadest kujunevad suguküpsed indiviidid ei omavahel ega ka vanematega täiesti sarnased.

Igaühel neist on erinev, meeleliselt tajutav välislaad, erinev f e n o t ü ü p e. i l m e t ü ü p.

Sellises järglaste e r i n e v u s e s eellasist ja oma kaasjärglasist seisnebki elusolendite m u u t l i k k u s e e. v a r i a a b l u s e nähtus.

Kuna pärilikkus on sigimisel k o n s e r v a t i i v n e, vanu tunnuseid säilitav tegur, on muutlikkus p r o g r e s s i i v n e, astmeti uusi koetisi arendav ja talitlusi loov tegur. Pärilikkuse ja muutlikkuse vastastikusel tegevusel põhinebki orgaanilise looduse arenemistoime e. evolutsioon.

Autonoomsus e. o s a l i n e i s e s e i s v u s on loomalise organismi olulisemaid tunnuseid. Ehkki looma kehaosad — rakud, koed ja elundid on oma arenemistoimes ja talitlusis iseseisvad, on see i s e s e i s v u s siiski s u h t e l i n e, relatiivne.

Loom areneb ja toimib kui tervik, kui sisemiste sidemetega seotud ühik, kus kõik osad mõjustavad iga üksikut osa ja iga üksik osa kõiki teisi. Muutused keha ühes osas kutsuvad esile muutusi kõigis teistes kehaosades.

Sel loomalise organismi põhiomadusel — areneda ja talitella kui tervik — põhinebki ta nn. regulatsioonie. arenemiskorraldusvõime. See regulatsioonivõime seisneb selles, et loomakeha kui tervik võib teatava määrani mahendada ja parandada oma arenemisel ja talitlusel saadud rikkeid.

Elutingimustega kohastumise võime on samuti üks üldisemaid loomalise organismi omadusi. Kõik loomad on arenemiselt, ehituselt ja talitluselt kohastunud, adapteerunud oma ümbruskonda moodustavate välistingimustega.

Selles ümbritsevate oludega kohastumises e. adaptatsioonis seisnebki loomalise organismi otstarbekohasus, sihipärane, teloloogiline joon looma arengus, ehituses ja talitlusis.

Loomalise organismi kohastuslikud, adaptatiivsed tunnused (näit. vaala kalajas kuju, loibjad eesjäsemed, tagajäsemete puudumine jne.) on välja kujunenud põhjuslikus seoses antud looma eriliste elutingimustega (vaalal veega).

Antud loomarühma eri vormid esindavad sageli ühiseid tunnuseid. Näitena mainitagu kala, ihtüosauruse ja vaala ühte laadi kehakuju. Selliste sama laadi tunnuste tekkimise põhjuseks on ühine keskkond — näit. vesi — ja sellest tingitud sama kulgemislaad.

Nähtust, kus ühised elutingimused ja sarnlev eluviis põhjustavad eri rühmadesse kuuluvail loomil ühiseid organisatsioonijooni (näit. välislaadi, haabitust), nimetatakse konvergentsiks e. kohastuslikuks sarnastumiseks.

Fülogeneetilised tunnused. Loomade morfoloogia (võrdlev anatoomia, paleozooloogia, embrüoloogia), süstemaatika, geograafia, kronoloogia ja füsioloogia räägivad oletuse kasuks, et nüüdisaegsed liigid on arenenud muistseil aegadel elanud lihtsamini organiseeritud loomaliikidest.

Raske on mitte tunnustada evolutsiooni kui fakti, kahelda selles, et loomariik on tõesti sadu aastamiljoneid kestnud arenemise tulemus. Kuid evolutsiooni põhjuste, arenemistegurite e. evolutsioonifaktorite kohta puudub veel täielik selgus.

Kas on toimunud loomade suguvõsalooline arenemine aeglaste muutuste, nn. pidevate variatsioonide märkamatul kuhjumisel (nagu õpetab Darwin), või äkiliste (tõukeliste) teisumiste, nn. pidevuseta variatsioonide teel (nagu õpetab Hugo de Vries)?

Kas toimuvad loomade fülogeneetilise arenemise aluseks olevad päritavad variatsioonid kõigis võimalikes (Darwin) või ainult väheseis piiratud (Eimer'i ortogenees, otseteke) suundades?

Kas on looduslikul valikul e. selektsioonil uute loomaliikide tekketoimes loov, ülesehitav väärtus (Darwin), või on selektsioon ainult teguriks, mis kõrvaldab eluks kõlbmatud vormid (Hugo de Vries)?

Süstemaatilised tunnused. Iga loomavorm esineb looduses loendamatute indiviididena. Kõik need arvukad vormisamased isendid ühendatakse üheks liigiks (*species*).

Liigi mõistet võib määratella kui isendite kogu, kes vastavail arenemisastmeil ja samadel olelustingimusil ehituselt ja talitluselt üksteisega sarnlevad.

Samast liigist (liigisamaste) indiviidide vahel valitseb sünnitamisseos, s. o. nad moodustavad read, kus järglased on tekkinud eellasist. Antud liigist päritolevad loomad soetavad sigimisel järglasi, kes ikka jälle kuuluvad samasse liiki.

Viljakaid, s. o. sigimisvõimelisi järglasi sugulisel sigimisel annavad tavaliselt ainult need ema- ja isaloomad, kes kuuluvad samasse liiki.

Kuna liik esineb sünnitamisseose varal ühendatud isendite reaalse, tõeolulise koondisena, on loomade süsteemi kõrgemad ühikud e. kategooriad ideaalsed, mõttelised moodustised.

Vaatlus näitab, et kõik mitte-liigisamased isendid esinevad looduses astmendatud mitmekesisusena, s. o. nad võib sarnasuse ja erinevuse alusel asetada üksteise kõrvale (koordinatsioon e. rinnastamine) või üksteisest kõrgemale või madalamale (subordinatsioon, alistamine).

Sarnlevate liikide kogumik moodustab perekonna (*genus*), sarnlevate perekondade kogumik sugukonna (*familia*), sarnlevate sugukondade kogumik seltsi (*ordo*), sarnlevate seltside kogumik klassi (*classis*) jne.

3. LOOMA JA TAIME VÕRDLUS.

Füsioloogiliselt on vahe kõrgema rohelise taime ja hulkrakse looma vahel suur.

Roheline taim toitub pinnasest, veest ja õhust ammendatud anorgaanilisist aineist (sooladest, veest, süsihappegaasist). Neist aineist valmistab ta päikese kiirgava energia abil keerukaid orgaanilisi ühendeid — tärklist, rasva, valku. Taim on sünteetik, ühendaja, liitja.

Kõrgemail taimil puudub tavaliselt võime iseseisvalt oma osi liigutada ja paigast paika kulgeda.

Ärrituvusnähtused on taimil hoopis vähem arenenud kui loomil.

Mittesuguline sigimine pungumise ja võsumise teel on taimil hoopis tavalisem kui loomil. Samuti on taime regeneratsioonivõime, s. o. kaotsiläinud elundite taastekitamise võime tublisti suurem kui loomal. Nii tekitavad parasvöötme lehistaimed igal kevadel oma keha vastavais kasvupunktides uued lehed ja õied nende asemele, mis eelmisel aastal kaotsi läksid.

Vastavalt füsioloogilisele vahele erinevad kõrgemad taimed kõrgemaist loomist ka morfoloogiliselt.

Leides toitu kõikjalt ei tarvitse taimel selle hankimiseks paigast paika rännata. Seoses liikumatusega on taimerakud vastandina loomarakkudele kaetud tahkete tselluloosist või puitainest kestaga. Ühes sellega puu-

duvad taimel meelkond, närvikava ja lihaskond.

Nagu taimel ei tarvitse minna aktiivselt toidu juurde, nii pole kõrgemal taimel ka vajadust otsida suguliseks sigimiseks sugupoolt, sest et eeltööd viljastamiseks toimetavad siin tuul ja putukad.

Olles ümbritsetud igast küljest toitainetega (õhus süsihappegaasiga, pinnases vee ja sooladega), imeb taim toitu endasse oma keha pindmiste osade varal. Et see toimuks hõlpsamini, on taime kokkupuutepind hulga lehtede abil õhus ja loendamatute juurekeste kaudu pinnases väga suur.

Taime elundid on ruumiliselt kõigis suundades laiali laotatud. Taimel on ekstensiivne, ekspansiivne, laiuv (leviv) ehitus.

Et loomal puudub klorofüll (leheroheline) ja võime soetada anorgaanilisist aineist tärklist ning muid orgaanilisi aineid, ei leia ta toitu kõikjalt. Aga orgaanilisist aineist hangitud toit tuleb tal seda suurema hoolega ära kasutada. Seda võimaldab avar seedekulgla, sooltoru oma hulga näärmetega ja imemisrakkudega ning rikas kogumik vere- ja koemahlasooni seeditud ja imatud toidu laialikandmiseks kõigisse kehaosadesse.

Loom peab toidu juurde minema ja seda oma kehasse juhtima. Seda võimaldab talle ta hästiarenenud ärrituvus- ja liikumisvõime, mille kehastajaiks on meelkond, närvikava ja lihaskond.

Need elundkonnad võimaldavad loomale ka teise sugupoole leidmist sugulise sigimise otstarbeks.

Seoses liikumisvõimega on loomade elundid üksteisega kitsamas ühenduses kui taimil. Enamik neist on paigutatud võrdlemisi väikese välispinnaga piiratud kitsasse keharuumi. Looma ehitus on vastandina taime ehitusele intensiivne, tõhus.

Ühenduses looma liikuvusega puuduvad ta rakkudel tahked, liikumist takistavad tselluloosist ja puitainest kestad.

Toitudes rohelise taime poolt valmistatud keerukaist orgaanilisist aineist (süsivesikuist, valkudest, rasvadest)

lõhustab loom energia ammendamiseks oma elutööde sooritamise jaoks need ained lihtsamaks.

Kui roheline taim on sünteetik, ühendaja, siis on loom analüütik, lahutaja. Päikese kiirgav energia, mida taim on keemilise potentsiaalse energiana oma kudedesse talletanud, vabaneb loomakehas kineetilise energiana — liikumise, soojuse ja elektrijõuna.

Rohelised taimed ammendavad ainevahetuseks vajalikku süsinikku süsihappegaasist, mida nad saavad õhust või veest ja annavad vabaneva hapniku sinna tagasi.

Loomad hingavad hapnikku kas õhust või vees lahustatult ja hapendavad selle abil aineid, mida nad hangivad taimede või teiste loomade kujul esineva toiduna. Hapendumisel tekkinud süsihappegaasi hingavad loomad õhku või vette tagasi, kust seda võtavad toiduks rohelised taimed.

Nõnda suhtuvad süsinikusse ja hapnikusse rohelised taimed ja loomad.

Niihästi taimede kui ka loomade ainevahetusel tekkivad lämmastikku sisaldavad ained vabanevad nende kehast lihtsamate ammoniaagiühendite või vaba ammoniaagi kujul.

Sattudes pinnasesse hapendub ammoniaak eriliste pisilaste, nn. nitrifitseerivate bakterite tegevusel salpeetris- ja salpeeterhappeks resp. nende sooladeks — nitriitideks ja nitraatideks, millest viimased on taimile toiduks. Liblikõielised võivad toituda ka vabast lämmastikust nende juurte mügarais elutsevate pisilaste (mügarbakterite) abil.

Loomad saavad kõik oma ainevahetuseks tarviliku lämmastiku keerukate orgaaniliste ühendite — valkude kujul kas otseteed (taimtoidulised) või kaudselt (lihatoidulised).

Selline on lämmastiku kasutamine roheliste taimede ja loomade poolt.

Vastavalt meeleriistade ja närvikava esinemisele ja nende rakkude protoplasma kõrgesti arenenud ärrituvusele leiame loomadel hingeelu ja psüühilisi nähtusi, mis taimedel puuduvad.

Ehkki loeteldud morfoloogilised, füsioloogilised ja keemilised tunnused lubavad meile hõlpsasti vahet teha kõrgema looma ja kõrgema rohelise taime vahel, pole need tunnused mitte alati vahet-tegevate teguritena maksvad.

Kuigi seedekulgla iseloomustab enamikku loomadest, puudub see näiteks paelussidel, kes imevad toitu taime kombel keha välispinna kaudu ümbruskonnast, milleks on paelussile kui parasiidile (nugilisele) ta peremehe sooltorus olev toitvedelik.

Samuti puudub seedekulgla ka kotjal jäsemeteta vähjakesel — kottvähjal (*Sacculina*), kes elab parasiitselt kõrgema vähja — taskuvähja (*Carcinus*) tagakeha kõhupoolel. Kottvähk toitub juurjate haraliste jätkete abil, mis ta kehast välja kasvavad ja tungivad kõigisse peremehe elunditesse, imedes sealt toitaineid.

Sellise organisatsiooni tõttu kannab vähjarühm, kuhu kuulub kottvähk ja ta sugulane juurvähk (*Peltogaster*), juurpealiste (*Rhizocephala*) nime.

Ühiseks morfoloogiliseks tunnuseks taimile ja loomile on nende elundite koosnevus kudedest ja rakkudest. Nii taimeline kui ka loomaline rakk koosneb rakukehast (tsütosoomist) ja selles asetsevast tuumast (või tuumadest).

Ka rakku moodustava protoplasma peenkoetis on loomal ja taimel üldiselt sama.

Nagu morfoloogiliselt, nii pole ka keemiliselt ülepääsematut vahet taime ja looma vahel. Nagu siin, nii sealgi koosneb protoplasma samadest biogeenseist elementidest — esinevad valgud, rasvad, süsivesikud ja rasvandid.

Enamikku taimi iseloomustavat rohelist värvust leiame ka paljudel loomil. Ühtedel neist, nagu real algloomil, käsnadel, hüdral, mõnel putkelisel, paljudel ussidel, sammalloomil ja okasnahkseil, oleneb roheline ja kollakas värvus nende rakkudes elutsevaist ainurakseist vetikaist — rohelisist zooklorellidest (rohikuist) ja kollaseist zooksantellidest (kollikuist). Selline kooselu, sümbioos on kasulik niihästi vetikale (kes saab süsihappegaasi) kui ka loomale (kes saab vetikalt hapnikku).

Muil rohelisil loomil (õisloom *Anthea cereus*, uss kärsskidalane (*Bonellia viridis*), vähk roheline lehtsarv (*Idothea viridis*)) ei olene värvus mitte klorofüllist, vaid erilisest rohelisest värvainest.

Mõnel sihktiivalisel (näit. heinaritsikal, palvetajal jne.) ilmutab rohelist kehavärvust põhjustav pigment sugulust klorofülliga, andes samasuguseid spektrijooni nagu leheroheline.

Päris klorofülli, aga mitte terades, vaid hajusalt, leitakse infusooridest vesikellukese liigi *Vorticella chlorostigma* ektoplasmas.

Viburlaste e. flagellaatide rakukehas esinevad kromatofoorid e. värvisekandjad sisaldavad klorofülliga sugulast rohelist, kollast või pruuni pigmenti. See klorofüljas pigment võimaldab neile loomile toituda valguse paistel samal viisil, nagu seda teevad rohelised taimed (s. o. fotosünteetiliselt).

Dinoflagellaatidest e. vaguviburlasist toituvad kromatofooridega varustatud vormid fotosünteetiliselt, kromatofoorideta aga kui loomad.

Kuigi klorofüll iseloomustab taimi, puudub see real õistaimil ja seentel. Need ilma leheroheliseta taimed toituvad kas saprosiitselt e. roisuliselt, s. o. lagunevaist orgaanilisist aineist, või parasiitselt e. nugiliselt — teiste elusolendite kulul.

Peale klorofülli iseloomustab taimi veel kromatofoorides tekkiv tärklis, samuti ka tselluloos, millest koosnevad rakukestad. Aga tärklisega sugulast ainet, nn. glükogeeni e. loomalist tärklist leiame ka loomakehas (näit. maksarakkudes). Teiselt poolt esineb glükogeen ka taimeriiki kuuluvais limaseentes (*Myxomycetes*). Kabiloomade sooltorus elutsevate ja seal leiduvast tselluloosist toituvate infusooride — ogapäraliste (*Ophryoscolecidae*) neelu toetab tselluloosist toes.

Tselluloosist koosnevad ka vaguviburlaste kestad. Tselluloosiga sugulane aine — tunitsiin katab tihti paksu kestana — tuunikana enamiku mantelloomade keha.

Putukate ja paljude muude selgrootute keha kaitseb tahke, vastupidav orgaaniline aine — k i t i i n. Kuid kitiiniga sugulast ainet leiame ka seente hüüfide e. niitrakkude kestades.

Kusinikku kui ainet, millena lahkub looma kehast lämmastik ja mis seega eriti iseloomustab loomi, on leitud ka hallitusseentes ja taimeseemneis.

Ka loomade vere eripärasemaid aineid — hemoglobiin e. verepuna on keemiliselt sugulane taime klorofülli e. leherohelisega.

Nagu morfoloogilised ja keemilised, nii pole ka füsioloogilised erinevused taime ja looma vahel absoluutsed.

Putuktoidulised taimed, nagu huulhein (*Drosera*), libeleht e. võipätakas (*Pinguicula*), kannleht (*Nepenthes*) ja kärbselõks (*Dionaea muscipula*) toituvad putukaist. Osa neist elab lämmastikuvaeses turbapinnases. Lahustades ja imades oma lehti katva epiteeli (katekoe) abil putuka keha seeditavaid valkaineid rahuldavad nad seega oma tarvidust lämmastiku, aga ka vosvori ja kaaliumi järele. Muid orgaanilisi aineid, nagu tärklist, glükogeeni, rasva ja rasvahappeid, ei saa putuktoidulised taimed seedida.

Seen *Arthrobotrys oligospora* elutseb sõnnikus, millest ta ka toitub. Kuid peale tavalise toidu võib ta toiduks kasutada ka sõnnikus elavaid ümmarusse. Üks teine vees elutsev seen toitub keriloomist ja vähjakesist, keda ta oma hüüfidega püüab.

Vastandina rohelisile taimile puudub seentel võime valmistada anorgaanilisist aineist orgaanilist. Sama maksab ka klorofüllita õistaimede kohta.

Nagu loomad, nii taimedki peavad hingama, neelates hapnikku ja laostades selle abil orgaanilist ainet süsihappegaasiks ja veeks. Eriti selgesti võib rohelise taime hingamistoimet tähele panna öösi, kus seda ei varja toitumistoime süsihappegaasist.

Kõigest sellest järgneb, et taim pole toitumistoime suhtes mitte ainult sünteetik, vaid et ta ainevahetuses tähtsat osa etendab ka analüüs, lahutus.

Aga loomgi ei talitle ainevahetustoimes mitte ainult kui analüütik. Ta peab nagu taimgi sooritama mitmesuguseid sünteese.

Et ehitada liigivõõrast toitvalgust oma protoplasma valke, peab ta need võõrad valgud lahutama amiinohappeiks. Et valmistada glükogeeni, tuleb tal taimilt saadud tärklis laostada dekstroosiks. Samuti tuleb ka rasvad lõhustada glütseriiniks ja rasvahappeiks, et neist uuesti soetada liigiomast rasva.

Kindla piiri puudumist taimelise ja loomalise toitumisviisi vahel esindavad p i s i l a s e d e. b a k t e r i d. Ehkki pisilasil puudub klorofüll, peetakse neid nende välislaadi ja sigimisviisi (pooldumine, eostumine) alusel taimiks. Nitrifitseerivad pisilased toituvad süsihappegaasist, ammoniaagist ja mineraalaineist. Lämmastikupisilane (*Azotobacter*) toitub vabast õhulämmastikust. Purpurbakterite protoplasma sisaldab punast pigmenti, mille abil nad võivad valguse paistel toituda kui klorofülliga taimed, vabastades hapnikku. Purpurbakterid võivad toiduks kasutada ka väävelvesinikku, hapendades seda ja talletades seejuures vabaneva väävli sõmeratena protoplasmasse. Ka võivad nad tarvitada toiduks orgaanilisi aineid. Teised pisilased toituvad ammoniaagist ja orgaaniliste hapete (õun-, sidrun-, viin- jne. happe) sooladest. Teised jälle toituvad loomade kombel valkaineist, ammendades nende hapendamiseks hapnikku kas toitvalkudest endist või õhust.

Nagu ainevahetuses, nii leiame ka energiavahetuses, eriti l i i k u m i s t o i m e s ühiseid jooni taime ja looma elus.

Nagu taimil, nii puudub ka käsnadel, hüdropolüüpidel, korallidel, sammalloomil ja käsijalgseil suguküpses elueas vaba paigastliikumisvõime. Nad on sessiilsed e. aluspinnale kinnistunud loomad. Ainult larvi-(vastse-)astmel on nad v a g i i l s e d e. uitlevad, s. o. võimelised paigast paika kulgema.

Kuid oma üksikuid elundeid (näit. suuava ümbritsevaid kombitsaid) võivad sessiilsed loomad siiski liigutada.

Isegi käsnad võivad paisutada ja ahendada oma kehaseintel olevaid urbeid, kustkaudu pääseb sisse toitumis- ja hingamisvesi.

Ka taimeriigis on vorme, kes, ehkki nad on pinnasesse kinnistunud, võivad oma üksikuid osi liigutada. Mimoosside sugulase india taime *Desmodium* (e. *Hedysarum*) *gyrans*'i lehe külgmised lapid võivad sooritada tiirlevaid liigutusi. Liigutuste kiirus oleneb temperatuurist. Suvel teevad need lehed kolme minuti kestel ühe pöörde.

Samasuguseid liigutusi, aga palju aeglasemaid, sooritab ka meie ristikheina liitlehe keskmine leht.

Kui mimooside sulgjaid lehti ärritada, panevad nad oma lehepooled kokku. Ka huulhein paneb oma lehed kokku, kui neid ärritatakse valkainetega või ammoniaaksooladega (näit. vosvorhapu-ammoniaagiga).

Ristikhein ja mimoos panevad oma lehed ööseks kokku. Selle nn. „taimeune" nime all tuntud toimega saavutab taim kaitset öise külma vastu.

Uimastavad ained, nagu kloroform ja eeter, pärsivad elundite liigutusi niihästi taimedel kui ka loomadel.

Entsüsteerunult, s. o. ümmistumisseisundis ja anabiootiliselt e. varjusurmaolekus võivad paljud algloomad — ümmarussid, loimurid, keriloomad ja pisivähjad lühemat või pikemat aega püsida täiesti liikumatus seisundis nagu taimeeosed ja -seemned.

Pöörlevat (roteerivat, tsirkuleerivat) protoplasma liikumist võib tähele panna niihästi taimerakkudes kui ka mõnes loomarakuliigis. Erilist huvi pakub protoplasma liikumine nahavärvi muutuse võimega varustatud loomade värviserakkudes. Siin liiguvad pigmentterad rakukeha keskosadest raku harudesse ja tagasi.

Amööbjat liikumist, s. o. kulgemist rakukehast väljasirutatavate ja tagasitõmmatavate ajutiste protoplasmajätkete, nn. kulendite e. pseudopoodide varal leiame niihästi amööbidel ja vere valgelibledel (leukotsüütidel) kui ka limaseentel ja mõnel hulkrakse taime rakul.

Flagelloidset e. viburjat liikumisvormi, s. o. kulgemist rakukehal asetseva piitsakese e. viburi (või viburite) abil

võime tähele panna niihästi ainurakseil loomil ja taimil kui ka hulkraksete loomade ja taimede seemneniidikesil e. spermatozoididel.

Tsilioidset e. ripsmelist liikumist, s. o. kulgemist rakupinnal asetsevate protoplasmakarvakeste varal avaldavad infusoorid ja mõnede vetikate zoospoorid. Samuti liiguvad ka hulkraksete loomade mitmesuguseis elundeis esineva ripsmelise epiteeli e. virve-epiteeli rakke katvad ripsmed.

Sellest selgub, et samased protoplasma ja rakkude liikumistüübid esinevad niihästi taimedel kui ka loomadel.

Mis puutub ärrituvusse, siis on see füsioloogiline talitlus ühenduses närvide ja meeleriistade olemasoluga hulkrakseil loomil hoopis kõrgemini arenenud kui hulkrakseil taimil.

Kuid närvide ja meeleriistade laadi koetisi on mõned uurijad püüdnud leida ka taimil. Nemeč kirjeldab taimil rakust rakku levivaid kiukesi, mis värvuvad samade värvidega (näit. metüleensinisega) kui närvid.

Haberland ja Nemeč peavad juuretippusid taime tundeelundeiks. Sedasama kinnitavad nad ka mimoosi ja putuktoiduliste taimede lehekarvakeste ning *Cynareae* sugukonda kuuluvate taimede tolmukate kohta.

On kirjeldatud taimede erilisi valgustundlikke elundeid. Need koosnevad läbipaistvaist läätsena talitlevaist rakkudest ja nende all asetsevaist klorofülliga rakkudest, mis on nähtavasti valgustundlikud, fotosensibiilsed. Need taimed ilmutavad valguse suhtes erilist tundlikkust, asetades oma lehed lapiti valguskiirte suunale. Nad otsekui tajuksid valguskiirte suunda. On võimalik, et valgusest esilekutsutud erutus andub siin rakust rakku rakukesti läbivate plasmodesmide e. rakusildade kaudu.

Silmviburlasel (*Euglena*), keda võib pidada nii loomaks kui taimeks, esineb valgustundlik silmjas elund. See koosneb värvise- (pigmendi-) täpikesest, mida katavad mõned läbipaistvad tärklisterad. On võimalik, et viimased talitlevad valgust koondavate läätsedena.

Kõiki tulemusi taime ja looma võrdlusest kokku võttes leiame, et erinevus kõrgema looma ja taime vahel, mis näib

olevat suur, on ainult suhteline. Kui laskume olendite astrikus alla ainuraksete riiki, kahanevad vahed taime ja looma vahel üsna väikeseks ja kaovad osalt sootuks. Viburloomade reas leiame vorme, kellede organisatsioonis esinevad samaväärseina niihästi loomalised kui ka taimelised tunnused.

Et ainuraksete seas on vorme, keda võib pidada nii taimedeks kui ka loomadeks, nimetas E. Haeckel neid *protistideks* e. *algolendeiks*. Nimetus „protist" võimaldab jätta lahtiseks küsimuse olendi kuuluvusest taime- või loomariiki.

Oletused elu tekkimisest maakeral. Kosmozoade- e. *maailma-eluidukeste-* ja **panspermia-** e. *kõikjalseemnesusteooria*. H. E. Richter oletas, et kõikjal maailmaruumis lendlevad ainekübemekesed, mis keskpageva jõu (tsentrifugaaljõu) sunnil on ära heidetud tiirlevailt taevakehadelt. Selliste ainepihukestega koos võivad ka pisilased mingilt eluga annetatud taevakehalt tähtedevahelisse ruumi paiskuda. Kui need pisilased juhtumisi satuvad selliseile taevakehadele, kus tingimused on eluks soodsad, siis võib neist seal areneda rikas olendiriik.

Kuskil taevaruumis on alati olemas olendeid lihtsate rakkude kujul. Küsimus ei seisne selles, ütleb Richter, kuidas on elu maakeral tekkinud, vaid selles, kuidas on elu maakerale sattunud.

Kosmozoade-oletus äratas kaasaegseis suuremat tähelepanu, kui seda sügavamini põhjendada püüdsid kaks kuulsat füüsikut — H. Helmholtz ja W. Thomson (lord Kelvin). Helmholtz väitis: embkumb, kas „orgaaniline elu on mingil ajal olelema hakanud, või ta oleleb igavesest ajast peale". Et pole õnnestunud valmistada katse teel elavaid olendeid, pooldas ta elu igavese olemasolu oletust.

Helmholtz kaitseb oma väidet tõsiasjadega, et maailmaruumist maakerale langevaist meteooridest on leitud mulla-, söe- ja petrooleumitaolisi aineid. Kui need ained ära ei põlenud, kui meteoori pind hõõrumise tõttu maakera õhkkonnas kuumenes, siis võisid meteooridel ka elusolendid säilida.

Kosmozoade-teooriat arendas hiljem S. Arrhenius panspermia- e. kõikjalseemnesusteooria nime all. Arrhenius oletab, et kõikjal maailmaruumis heljuvad ülitillukesed allpool mikroskoobilise nähtavuse piiri asuvad olendisugemed. Nagu näitasid füüsikud Maxwell ja Lebedev, võivad päikesekiired üliväikesi ainepihukesi suure kiirusega edasi tõugata. Arrhenius oletab, et meie ja teiste päikeste kiired ka tähtedevahelises ruumis heljuvaid eluidukesi edasi kannavad. Meie planeetkonna piirides kestaks nende rännak vaid päevi või kuid. Et aga selline elupihuke jõuaks meie planeedisüsteemi kõige lähemale kinnistähele (*α Centauri*'le), seks on vaja ligi 9000 aastat. On andmeid, et lihtsamad olendid — pisilased võivad suures külmas elusaina püsida aastatuhandeid, näiteks bakterid, mida on leitud Siberis avastatud mammuti londil. Mõned bakterid ja eosed kannatavad kahjutult külmust —200° C, mis on lähedane maailmaruumi temperatuurile.

Arrhenius oletab, et elusollus on olelnud igavesti. Kuid selle oletusega pole kerge nõustuda sellepärast, et elusollus on keemiliselt keeruline valkainete ühend. Evolutsiooni üldaate kohaselt peavad kõik keerulisemad ained olema tekkinud lihtsamaist. Teeb ju füüsikaline keemia tõenäoliseks, et isegi aatomid on arenenud lihtsamaist osadest.

Panspermiateooria järgi peab olema meie planeedile algusest peale taevast eluidukesi sadanud. Kui see nõnda oleks, siis peaks taime- ja loomariik maakeral esinema loendamatu hulga üksteise kõrval asuvate sugupuudena. Selle oletusega aga on raske kooskõlastada võrdleva morfoloogia ja geoloogilis-paleontoloogilisi andmeid.

Preyer'i teooria maakerast kui elusolendist (elu pidevuse teooria). W. T. Preyer asus elutekkimise selgituse küsimuses hoopis erinevale seisukohale, samastades elu liikumisega. Kõikjal, kus on märgata liikumist, on elu. Kulgev pilvesagar taevavõlvil, laine merel, laavajõgi, mis tulemäelt alla orgu veereb, on niisama elav kui haljendav taim, putukas, lind või inimene.

Preyeri arvates on ekslik küsida, kuidas on tekkinud elutust ainest elusaine. Õigem on küsida, kuidas on surnud

aine arenenud elavast. Ürgselt oli maakera hiiglasuur tulivedel elusolend. Tulikuumad gaasid olid ta hingeõhuks ja tulivedel metall oli vereks ta soontes. Maakera jahtumisega külmas maailmaruumis algas ta elujõu kahanemine, ta vananemine, ta osade suremine.

Kuumad gaasid jahtusid, tihenedes vedelikeks. Vedelikud tardusid tahkeiks kehadeks, mis surnud kivimitena moodustasid maakera ürgse koore. Üha enam ja enam maakera esialgsest elusast ollusest muutus aegade kestel elutuks. Nüüd tuksub elu veel vaid maakera tulikuumas südames, vetevallas, õhumeres ja taimis ning loomis, kuna suured osad omal ajal tõhusat elu elanud maakerakehast puhkavad vägevate kiviladememetena jäädavalt surmaund.

Elusaine — protoplasma on tekkinud liikuvusega annetatud anorgaanilisest elusainest — veest ja selles lahustatud sooladest ning gaasidest. Eluta, surnud aine hulk aga kasvab alatasa niihästi anorgaanilise kui ka orgaanilise elusaine kulul. Kõikjal maakeral areneb elust surm.

Preyeri teooriat arvustades tekib küsimus, kas on otstarbekohane samastada orgaanilist elu anorgaanilise mateeria liikumisega. Anorgaaniliste kehade võrdlus elusolenditega näitab, et viimaste eriomaseks tunnuseks on koosnevus valkaineist, sisemisist põhjusist tingitud aine- ja jõuvahetus, ärrituvus ja sigivus ning arenemisvõime.

Kui maakeral ilmusid selliste tunnustega kehad, siis tekkis tal elu — elu füsioloogilises mõttes ja mitte kui elementaarne keemiline reaktsioon või füüsiline protsess. Ka siis, kui elu samastada liikumisega, ei saa me Preyeriga täiesti nõustuda. Tõendab ju moodne füüsikaline keemia, et isegi surnud kehade aatomid, kus elektroonid valguse kiirusega tiirlevad ümber keskmassi, on tulvil täis liikumist. Seega peaksid ka Preyeri meelest surnud kiviladem ed ja mineraalid olema tulvil täis liikumist ja elu.

Arhigoonia (a b i o g e n e e s i, *generatio spontanea* e. *aequivoca*) e. ü r g-(ise-)t ä r k a m i s e (isetekkimise) teooria seisneb oletuses, et maakera esines alguses ainult anorgaanilise, eluta loodusena ja et alles hiljem arenes sellest ta elav, orgaaniline osa. Vaated elusa looduse, eriti loo-

made arenemisele elutust loodusest on aegade kestel suuri muutusi läbi teinud. Aristoteles uskus, et ussid, putukad ja isegi kalad võivad tekkida mudast. Selline usk püsis keskajani, millal Redi ja Swammerdam näitasid, et see on ekslik ja et isegi putukad tekivad munadest. Kuid siseparasiitide (näit. paelusside) kohta püsis edasi usk nende ürgtärkamisse.

Mikroskoobi leiutamisega ja infusooride avastamisega (Leeuwenhoek, Swammerdam), mis heinaleotises näisid tekkivat iseendast, leidis usk ürgtärkamisse uut tuge. Kuid hiljem näidati (Milne Edwards, Schwann, Max Sultze, Helmholtz jt.), et keskkonnas, milles keetmise teel kõik idud hävitatakse ja kuhu takistatakse idude ligipääs väljastpoolt, infusoorid ei teki. Samuti tehti kindlaks, et ka paelussid ja muud suuremad siseparasiidid tekivad munadest (Siebold, Leukart).

Kui avastati pisilased (mikroobid) ja leiti, et neid esineb kõikjal, siis oletati, et nad tekivad ürgtärkamise teel. Kuid jällegi näidati (Pasteur, Robert Koch), et sterilisatsiooni (idutuks tegemise) teel pisilasist vabastatud ja hermeetiliselt ümbruskonnast eraldatud keskkonnas ei saa tekkida ükski elusolend.

E. Haeckel oletas, et elusollus võib isetärkamise teel tekkida erilisil tingimusil, mis valitsevad ookeanide süviku põhjas. Selle oletuse ülesseadmisel toetus ta Thomsoni ja Huxley poolt ookeani põhjamudas avastatud limale, mida peeti lihtsaimaks elusolendiks ja nimetati b a t ü ü b i k s e. s ü v i k l a s e k s (*Bathybius haeckeli*). Hiljem näidati (Möbius), et batüüb on kunstmoodustis (kipssoola sadestus), mis tekib piirituse segunemisel süvamere veega. Batüübis leitud lubisadestused aga osutusid lähemal uurimisel eriliste viburloomade tekitatuiks.

Seni pole keegi tähelepanekute abil kindlaks teinud, et vabas looduses tekiks eluta aine vahetult ilma juba olemasoleva elusolluseta rakkude kujul. Iga rakk, olgu see ainurakne olend või hulkrakse olendi osa, tekib eelnevast emarakust.

On oletatud, et rakk, kuigi seda peetakse elementaarorganismiks (lihtelusolendiks), polegi kõige lihtsam bioloogiline ühik, vaid et see on kogumik veel elementaarsemaist elulisist ühikuist — *füsioloogilisist ühikuist* (Spencer), *bioblastidest* (Altmann), *biofooridest* (Weismann), *idioblastidest* (Hertwig), *plasoomidest* (Wiesner), *protomeeridest* (Heidenhain) jne. Kuid kõigi nende suurelt osalt hüpoteetiliste bioloogiliste ühikute kohta pole teada, kas nad võivad elada väljaspool rakku ja kas nad võivad tekkida ürgtärkamise teel.

Nagu seni pole õnnestunud looduses tähele panna ürgtekkimist, nii pole ka laboratooriumis tänini korda läinud valmistada eluta ainest elusollust.

Ainuke oletus, mis on kooskõlas võrdlev-morfoloogiliste, biogeograafiliste ja geoloogiliste tõsiasjadega, on see, et maakera ajaloos oli kord selline ajajärk, kus anorgaanilisist aineist arenes eluga annetatud orgaaniline ollus. On püütud üles seada oletusi keemiliste ja füüsiliste tingimuste kohta, mil toimus ürgtärkamine. Tähtsamad neist on Pflüger'i ja Allen'i hüpotees.

Pflügeri hüpotees. Pflüger leiab, et olulisim vahe elava ja eluta valkaine vahel seisneb selles, et esimene autonoomselt, iseseisvalt laostub ja uuesti tekib. Elava valgu e. protoplasma isetegeva laostumise põhjustajaks peab ta intramolekulaarset (molekulisisest) hapnikku. Elusolluse laostumisel muutuvad püsitud (labiilsed) orgaanilised molekulid püsivaiks (stabiilseiks) anorgaanilisiks. Selle toime põhjuseks on hapniku suur keemiline sugulus (afiinsus) süsiniku ja vesinikuga. Elava valgu molekulid sisaldavad nn. tsüaanradikaali — süsinikust ja lämmastikust koosnevat aatomirühma (CN), mis keemilisis reaktsioones esineb elemendina.

Kalorimeetrilised mõõtmised näitavad, et tsüaanradikaal sisaldab palju intramolekulaarset energiat. Tsüaanradikaalina sisaldub elusolluses tõhus sisemise liikumise tegur. Kui süsinikuaatomile selles tõhusas intramolekulaarses liikumises läheneb kaks hapnikuaatomit, siis satub ta lämmas-

tiku mõjupiirkonnast välja, soetades süsihappegaasi (CO_2). Seega on süsihappegaasi tekkimise põhjuseks elusolluse laostumisel tsüaanradikaal.

Nende arutluste alusel oletab Pflüger, et ürgühendiks, millest ürgtärkamisel tekkis elusolluse põhilisem osa, pole mitte süsihappegaas (CO_2) ja ammoniaak (NH_3), vaid tsüaanradikaal (CN). Kuid tsüaanradikaalist ja ta ühendeist on teada, et nad tekivad kõrges kuumuses, samuti kui süsiniku-ühendid vesinikuga. Ka elu võlgneb oma tekkimise kõrgele kuumusele, tulele. Elu tekkis siis, kui maakera oli veel tulikuumas seisundis.

Maakera aeglasel jahtumisel oli tsüaanradikaalil ja süsivesinikul küllalt aega mitmekordistuda (polümeriseeruda), ümber kujuneda ja esmalt hapnikuga ning hiljem ka veega ja sooladega muutuda isetegevalt laostuvaks ja ülesehitavaks elusolluseks.

Alleni hüpotees. Võrreldes üksteisega elusollust koostavaid, biogeenseid elemente tuli Allen otsusele, et kõigist neist annab just lämmastik ühendeid, mida iseloomustab suur laostuvus, suur keemiline aktiivsus. See väljapaistev keemiline aktiivsus võimaldabki lämmastikule moodustada teiste elementidega väga püsituid aatomite ühendeid, mis esmajoones iseloomustavad elusollust.

Tähtsamaks teguriks ses püsitute lämmastikuühendite laostumistoimes on hapnik. Alatasa ühineb hapnik (vist raua-aatomite vahetalitusel) lämmastikuga, et teisel hetkel uuesti lahkuda oma suurema keemilise suguluse tõttu süsiniku ning vesinikuga ja ühineda viimastega süsihappegaasiks ja veeks, vabastades seejuures suuri energiahulki.

Vastandina Pflügerile, kes elusolluse tuletab maakera arenemise tulikuumast ajastust, oletab Allen ühes Haeckeliga, et esimesed elusolendid ilmusid alles siis, kui vesi tilkuvvedelas olekus jäi maakoorele püsima. Tol ajal olid raskemad, lahustumatud ühendid juba maakera pinnale sadestunud, kuna püsitumad, õrnemad sisaldusid alles õhus ja vees. Alatised elektrijoad, mis välkudena läbisid veeaurudega küllastatud sooja õhkkonda, põhjustasid rikkalikku ammoniaagi ja lämmastikuhapendite tekkimist. Viimased uhuti sa-

gedate vihmasadudega alla merre. Merevesi ise aga oli küllastunud süsihappegaasist ja kaaliumi, naatriumi, kaltsiumi, magneesiumi ja raua kloriididest, sulfaatidest ja fosfaatidest. Kõik need asjaolud soodustasid lämmastiku ühinemist mitmesuguste muude ainetega elavaks valkaineks, millest võrsus olendiriik.

Verworn'i vaade. Verworn, kes samuti kui Haeckel, Pflüger ja Allen pooldab ürgtärkamist, rõhutab seda, et elu maakeral on algusest peale olnud sõltuv välisoludest. Elu on maakera arenemise funktsioon matemaatilises mõttes. Elusollus ei võinud tekkida seni, kuni maakera oli tulivedelas seisundis. Kuid elusollus pidi tekkima sama paratamatusega nagu vesi või maakoort moodustavad mineraalid, kui esinesid seks vajalikud eeldused.

Praeguse elusolluse e. protoplasma keemilised, füüsilised ja morfoloogilised omadused on selle mõjutoime paratamatuks tagajärjeks, mida nüüdisaegsed olelustingimused avaldavad varemaist aegadest põlvneva elusolluse sisemisile oludele. Sisemised ja välised elutingimused on lahutamatus vastastikuses mõjutoimes, mille välisilmeks on elu.

Üldised elutingimused e. miljööfaktorid. Vastandina erilisile elutingimusile, mis võimaldavad elu üksikuile loomarühmile (näit. vesi kalale ja vaalale, õhk putukale ja linnule, muld vihmussile ja mutile jne.) on üldised elutingimused need, mida vajavad kõik loomad, milleta pole võimalik loomaline elu (näit. vesi, toit, hapnik, soojus, osmootne ja atmosfäärne rõhk).

Üldisi elutingimusi võib liigitada niihästi nende kvantiteedi, s. o. hulga ja suuruse kui ka kvaliteedi, s. o. omaduse e. laadi alusel.

Kvantitatiivselt jagunevad üldised elutingimused optimaalseiks, minimaalseiks ja maksimaalseiks. Optimaalseks elutingimuseks e. elutingimuse optimumiks e. soodsaimaks olundiks nimetatakse sellist elutingimuse tõhusust e. intensiteeti, kus antud loom võib oma talitlusi kõige hoogsamalt toimetada ja põlvkondade kestel kõige rikkalikumalt sigida. Minimaal-

seks elutingimuseks e. elutingimuse miinimumiks e. alammääraks on niisugune elutingimuse tõhusus (hulk), millest allpool pole antud looma elu võimalik (näit. liiga madal temperatuur, ülikehv toit). Maksimaalseks elutingimuseks e. elutingimuse maksimumiks e. ülemmääraks on säärane miljööfaktori intensiteet, mida ületades antud loom ei saa enam elada. Elutingimuste maksimumi ja miinimumi kutsutakse pessimumiks e. halvimmääraks.

Miinimumi ja maksimumi vahel asetsevat elutingimuste toimeala kutsutakse ökoloogiliseks valentsiks. Loomad, kelle ökoloogiline valents paljude üksikute elutingimuste suhtes on suur, on eurüöökse d e. eurütoopsed e. laiapaigalised, vastandina stenöökseile e. stenotoopseile e. kitsapaigalisile.

Maksimum ja miinimum kui elutingimuse kardinaalpunktid (peamised e. äärmised punktid) sõltuvad antud looma liigist ja vanusest (east).

Antud elutingimuse optimumi võib määrata kahel viisil: rekordiprintsiibi ja ökonoomiaprintsiibi alusel.

Rekordiprintsiip seisneb elutalitluse maksimaalses soorituses minimaalse aja kestel. Ökonoomia- e. kokkuhoiuprintsiibiks on antud talitlushulga saavutamine vähima (minimaalse) energiakuluga.

Kvalitatiivselt jagunevad elutingimused keemilisiks ja füüsilisiks. Keemilisiks elutingimusiks on vesi, toit ja hapnik, füüsilisiks soojus, osmootne ja atmosfäärne rõhk.

Vesi. Elutoime aluspõhjaks olev ainevahetus rajaneb keemilisile protsessidele. Keemilisis protsessides esinevad ained mõjuvad üksteisele tavaliselt lahuseisundis. Sellepärast ilma veeta ei või elusana püsida ei ainu- ega hulkraksed loomad. Rakkude protoplasma ise on kolloidlahus ja sisaldab rohkesti vett — ligi 75% oma kaalust.

Veesisalduvus eri loomaliikidel on erinev, samuti ka antud looma mitmesuguseis kudedes. Nii näiteks sisaldavad

luud 22%, imetaja kõhr 55%, imetaja lihased 76%, imetaja suuraju hallollus 38,3%, limused 80—85%, meduusid 95%, mõned kammloomad üle 99% vett. Täiskasvanud inimese keha sisaldab keskmiselt 58,5% vett. (Kõik arvud keha üldkaalu %-des).

Samal loomal muutub veesisalduvus tavaliselt vanusega (eaga). Näiteks konnakulles sisaldab 93%, täisealine konn 50% vett.

Niiskuse, s. o. veehulga (%) tarviduse suhtes atmosfäärilises õhus jagunevad õhuloomad (maismaaloomad) hügrofiilseiks ja kserofiilseiks.

Hügrofiilsed e. niiskuselembesed vajavad niisket õhku, näiteks ripsussid, vihmussid, maismaakaanid, maismaakakandilised, küüsikloomad, kahepaiksed. Kserofiilsed e. kuivuselembesed armastavad kuiva õhku, nagu enamik ämblikke, putukaid, roomajaid, linde, imetajaid.

On loomi, kelle veetarvidus on üliväike. Jahust toituva mardika, süsiklase (*Tenebrio molitor*) vastne (jahuuss) võib 105° C palavuses kuivatatud jahust elada ligi 3—4 nädalat. Et ta katse lõpul sisaldas pisut rohkem (5%) vett kui katse alguses, siis võib oletada, et vastne oma kuivast toidust keemilisel teel võib vett ammendada.

Niiskuse %-i kõikumise ulatuse suhtes õhus liigituvad maismaaloomad eurühügrilisiks ja stenohügrilisiks.

Eurühügrilised e. kõiguniiskuselised taluvad suurt õhuniiskuse %-i kõikumist, nagu paljud putukad, paljud linnud ja imetajad. Stenohügrilised e. püsiniiskuselised kannatavad ilma kahju saamata võrdlemisi väikest õhuniiskuse hulga kõikumist, nagu vihmussid, enamik limuseist ja kahepaiksed.

Hapnik on loomalisele organismile niisama vajaline kui vesi ja toit. Ilma hapnikuta pole võimalik elusolluses toimuv ainevahetus, sellega seotud ärrituvus, liikuvus ja muud eluavaldused. Hapniku abil toimub protoplasmas süsiniku ja vesiniku põlemine ning sellega seotud süsihappegaasi ja vee tekkimine ning energia vabanemine soojuse kujul.

Hapniku sissevõtt looma kehasse ja süsihappegaasi ning veeaurude väljaheitmine kehast kannab h i n g a m i s e e. r e s p i r a t s i o o n i nime.

Ühtedel loomist on hingamistoime tõhusam, teistel loium. Tõhusat hingamistoimet leiame kõrgemail, püsisoojaseil (soojavereseil) loomil, kelle närvikava hingamis- ja südametegevuse keskmed on ülitundlikud hapniku puudumise suhtes. Kõigusoojaseil (külmavereseil) ja alamail loomil on hingamistoime vähem tõhus. Konn näiteks võib mõnda aega elada vesinikust või lämmastikust koosnevas gaasisegus. Amööb võib hapnikuta veetilgas minutite kestel kulendeid välja sirutada ja paigast paika kulgeda.

Ehkki mõned loomad võivad mõnda aega elada hapnikuta või hapniku poolest ülivaeses keskkonnas, on see võime siiski piiratud. Erandiks on nn. a n a e r o o b s e d e. õ h u t u e l u l i s e d l o o m a d. Anaeroobsed loomad e. a n a e r o o b i d elavad kas täiesti hapnikuta või vajavad seda ülivähesel määral. Nii leiame kabiloomade sooltorus infusoore, kes rahulduvad üliväikese hapniku-%-ga ja kes hapniku vaba juurdepääsu puhul isegi hukkuvad. Sooltorus parasiteerivad paelussid elavad keskkonnas, kus hapnikku on ülivähe. Ka neile on vaba hapnik kahjulik.

Kuid anaeroobsete loomade vähene hapnikutarvidus on ainult näiv. Ka nemad vajavad ainevahetustoimeks hapnikku. Seda hapnikku aga ei ammenda nad ümbruskonnast, vaid neist orgaanilisist aineist, millest nad toituvad, mõjudes seega keskkonnale taandavalt (s. o. hapnikku äravõtvalt).

Toit. Ilma toiduta pole mõeldav ainevahetus ega sellega seotud energiavahetus. Looma toit peab sisaldama niihästi orgaanilisi aineid (valke, süsivesikuid, rasvu, rasvandeid) kui ka anorgaanilisi soolasid (sulfaate, kloriide, fosfaate). Toit peab sisaldama kõik 12 biogeenset (elutekitavat) elementi.

Toidu kvaliteedi e. laadi alusel liigitatakse loomad monofaagseiks ja polüfaagseiks. M o n o f a a g s e d e. a i n u t o i d u l i s e d tarvitavad enamvähem ühte liiki toitu ning jagunevad h e r b i v o o r s e i k s e. t a i m t o i d u-

lisiks ja karnivoorseiks e. lihatoidulisiks. Polüfaagsed e. mitmetoidulised (ka omnivoorsed e. kõigetoidulised e. kõigesööjad) toituvad niihästi taimist kui ka loomist.

Maismaaloomade joogivesi, samuti ka veeloomi ümbritsev vesi peab sisaldama vajaliku hulga mitmesuguseid mineraalsooli — eeskätt kloriide, sulfaate, fosfaate. Vajalikkude soolade hulga suhtes jagunevad veeloomad halofoobseiks, halofiilseiks ja halobiontideks.

Halofoobsed e. soolahülgajad võivad elada ainult magevees (kahepaiksed). Halofiilsed e. soolalembesed e. riimveelised edenevad ka magevees, kuid eelistavad vastava soolasusega riimvett, kus nad sigivad ja arenevad kõige tõhusamalt (paljud kalad). Halobiondid e. soolaveelised loomad elavad ja edenevad ainult soolases vees. Siia kuuluvad enamik mereloomi ja soolaste järvede elanikud. Viimastest võivad mõned vormid elada kuni 30% soolasid sisaldavas vees.

Vees lahustunud soolad mõjustavad loomi ja nende osi niihästi oma hulga kui ka kvaliteediga (laadiga).

Vee ruumiühikus olevast soolamolekulide ja -ioonide (molekuliosade) hulgast oleneb niihästi looma kehavedelikkude kui ka veelooma ümbritseva vee osmootne rõhk. Osmootne rõhk etendab tähtsat osa paljude veeloomade naha (katete) talitlusis ja kõigi loomade toitumis-, seedimis-, hingamis- ja eritustoimes.

Kuid peale osmootse rõhu kui elementaarse füüsilise elutingimuse on looma eluks tähtis ka vees lahustatud soolade keemiline iseloom. Vees sisalduvate soolaioonide vahel valitsevad peale kvantitatiivsete ka asjaomased kvalitatiivsed suhted. Antud soolaioonide hulk võib alles siis suureneda ja väheneda, kui üheaegselt muutuvad vastavalt ka nende antagonistid e. vastustajad (vastased). Selline antagonism valitseb Na ja K, Ca ja Mg, Na ja Mg ning Ca ioonide vahel.

Loomade elu normaalseks toimeks on vaja, et neis sisalduval või neid ümbritseval veel oleks kindel reakt-

sioon (neutraalne, aluseline või happeline), mis, nagu teada, oleneb OH— ja H+-ioonide kontsentratsioonist (e. hulgast ruumalaühikus). Seda ioonide kontsentratsiooni väljendatakse tavaliselt vesiniku, s. o. H+-ioonide kontsentratsiooni (h) negatiivse logaritmiga e. nn. vesinikueksponendiga (p_H). Teatavasti on neutraalse reaktsiooni korral vesinikuioonide kontsentratsioon (h)$=10^{-7}$ ja vesinikueksponent $p_H=7$.

Vesiniku ioonikontsentratsiooni kõikumise ulatuse alusel jagunevad loomad eurüioonseiks ja stenoioonseiks. Eurüioonsed e. kõiguioonsed taluvad suurt vesiniku ioonikontsentratsiooni kõikumist (näit. keriloomal vappkerilasel (*Brachionus urceolaris*) on $p_H=4{,}5—11$). Stenoioonseil e. püsioonseil võib vesinikueksponent kõikuda ainult kitsais piirides (näit. infusooril *Spirostomum ambiguum*'il on $p_H=7{,}4—7{,}6$). Stenoioonsed omakorda jagunevad atsidofiilseiks ja alkalifiilseiks. Atsidofiilsed e. happelembesed vajavad vett, mille vesinikueksponent p_H on vähem kui 7. Alkalifiilsed e. aluselembesed edenevad vees, mille vesinikueksponent p_H on suurem kui 7.

Temperatuur. Loomade ökoloogiline valents (s. o. elutingimuste toimeala ulatus) temperatuuri suhtes pole väga suur ja erineb antud loomaliigi ning elutalitluse järgi. Enamik elutalitlusi toimub 0° C ja 40—45° C vahel. Temperatuurid üle 40—45° C kutsuvad elusolluses esile sügavaid ja mittepööratavaid muutusi, mis põhjustavad looma surma.

Soojes allikais leiame juurjalgseid (*Pelomyxa*), ripsloomi ja tigusid (näit. *Bithynia thermalis*), kes kahjutult kannatavad isegi 50° C.

Protoplasmavalgud kalgestuvad (hüübivad) 53—56° C vahel. Need aga, mis äärmiselt vähe vett sisaldavad, hüübivad veel kõrgemas temperatuuris.

Ainurakseil ulatub temperatuuri maksimum 45° C, selgrootuil 38—48° C, kaladel 27—38° C, konnadel 50—56° C. Terakeseks kokkukuivanult (nn. peiteelu-

seisundis) kannatavad keriloomad ja loimurid välja 98° C ja õhuvabas ruumis isegi 140° C.

Paljud loomad langevad pisut allpool soojusemaksimumi liikumatusse seisundisse, nn. s o o j a k a n g e s t u s s e. Kui soojakangestus ei kesta kaua, võivad nad jälle normaalsesse ellu ärgata.

Eluks vajalise temperatuuri alampiir (miinimum) ühtib tavaliselt vee külmumistäpiga. Merevees on aga elu alampiiriks —2,5° C, kuna temperatuuris 0° C lokkab seal veel rikas elu.

Enamik loomi langeb enne soojuse miinimumi k ü l m a k a n g e s t u s s e. Ei välta see liiga kaua, ärkab loom temperatuuri tõustes uuesti tavalisse ellu.

Infusoorid ja keriloomad võivad kahjutult kanda —60° C, kuid temperatuuris —80° kuni —90° C hukkub enamik. Vähk vesikakand (*Asellus*) kannatab ära —40 kuni —50° C, siidiliblikate munad —40° C. Sipelgate nukud hukkuvad temperatuuris 0° C kuni —5° C. Aedtigud pidasid mõne päeva kestel vastu —110° C kuni —120° C. Need aga, kelle kojal oli pragu, hukkusid.

Võrdluseks on huvitav tähendada, et mõned pisilased võivad päevade kaupa elus püsida vedelas õhus, mille temperatuur on —183° C kuni —184° C. Mõnede taimede seemned ei kaota idanemisvõimet isegi peale kuuetunnilist viibimist vedelas vesinikus, mille temperatuur on —253° C, s. o. ainult 20° vähem kui absoluutne 0 e. —273° C.

Mõnikord võib loomi jahutada alla külmumistäpi, ilma et raku- ja koemahlad jääks tarduksid. Näiteks külmuvad putukate koemahlad väljaspool keha temperatuuris —1° C või —1,5° C. Kuid putuka kehas võib neid jahutada kuni —20° C, ilma et nad jäätuksid. Jahutatakse aga putukaid alla —20° C, tarduvad koemahlad jääks ja ühes sellega tõuseb keha temperatuur kuni —1,2° C. Toimetatakse putuka jahutamist edasi, alaneb temperatuur uuesti ja kui see ületab —20° C, siis loom hukkub.

Jäästumine kahjustab kudesid kahel viisil. Suured jääkristallid purustavad kudet. Teiseks kaotavad veel mittekülmunud koed vee, mis mõjub koele hävitavalt.

On loomi, kes isegi täielisel jäästumisel elu ei kaota. Nii näiteks võib lasta putukaid ja kalu täiesti kõvaks ning hapraks külmuda ja siis aegamööda sulatades nad tavalisse ellu tagasi tuua. Langeb aga külmumisel temperatuur alla —20° C, ei ärka loomad enam ellu.

Niiskes samblas elutsevaid loomi (nn. samblafaunat), nagu keriloomi, ümmarusse ja loimureid, võib kahjutult jahutada alla —100° C.

Kui aga katsealuste loomade temperatuur langeb liiga madalale või kui loom viibib madalas temperatuuris liiga kaua, järgneb surm.

Enamikul loomaliikidest asetseb temperatuuri optimum lähemal maksimumile kui miinimumile. Nii näiteks on areneva konnamuna miinimum ligi 0° C, optimum 22° C, maksimum 30° C. Miinimumi ja optimumi vahel tõuseb elutalitluse tõhusus ühes temperatuuri tõusuga ligikaudu samuti kui keemilise reaktsiooni kiirus tõuseb temperatuuri tõusuga.

Kui vahe temperatuuri maksimumi ja miinimumi vahel antud looma suhtes on suur ja loom seega kannatab välja suuri temperatuuri kõikumisi, siis on loom eurütermne e. avarasoojane, vastasel korral aga stenotermne e. kitsasoojane.

Vajaliku soojusastme alusel jagunevad stenotermsed loomad termofiilseiks e. soojalembeseiks, s. o. sooja armastavaiks (näit. riffkorallid, roomajad, ahvilised), ja psührofiilseiks e. külmalembeseiks, s. o. külma armastavaiks (näit. ripsuss *Planaria alpina*).

Homöotermsed e. püsisoojased (samasoojased) loomad (linnud, imetajad) on üldiselt eurütermsemad kui poikilotermsed e. kõigusoojased.

Rõhk õhus ja vees. Loomade suhtumine õhurõhu kõikumistesse oleneb õhku koostavate üksikute gaaside, eriti hapniku partsiaalse (osalise) rõhu kõikumisest. Normaalse koostisega õhus kannatas loom (Paul Bert'i katseis) õhurõhu kõikumist 250 mm kuni 15 atmosfäärini (1 at-

mosf. = 760 mm-lise kõrgusega elavhõbedasamba rõhk). Puhtast hapnikust koosnevas keskkonnas kannatas loom ainult ligi 3 atmosfääri.

Liiga suur õhurõhu vähenemine osutub loomale saatuslikuks eeskätt sellepärast, et ta keha vedelad osad sellisel korral suurelt osalt gaasistuvad.

Paljud mereloomad kannatavad vastavais katseis 400—1000-atmosfäärilist rõhku. Meredes on loomi leitud 8000 m sügavuses. Sellest järgneb, et mere süvikuala (abüssaali) loomad võivad elada isegi 800-atmosfäärilise rõhu all. On huvitav märkida, et 600—700-atmosfäärilise rõhu all ei saa enam talitella mädanemispisilased, mistõttu loomade laibad sellisele rõhule vastavais meresügavusis ei mädane.

Aklimatisatsioon e. i l m a s t u m i n e. Paljudel loomil on võime harjumise teel aegamööda suurendada oma ökoloogilist valentsi selle või teise elutingimuse suhtes, s. o. pikendada oma elutalitluste toimeala miinimumi ja maksimumi vahel. Paljud võivad isegi omaduseliselt kohaneda uute elutingimustega. Sellist looma võimet kohaneda (adapteeruda) k v a n t i t a t i i v s e l t (hulgaliselt) või k v a l i t a t i i v s e l t (omaduseliselt) uute elutingimustega kutsutakse a k l i m a t i s a t s i o o n i k s e. i l m a s t u m i s e k s.

Ühtedel loomist on aklimatisatsioonivõime suurem, teistel vähem.

Loomade aklimatisatsioonivõimet võib tähele panna niihästi vabas looduses kui ka laboratooriumis katse teel.

Vabas looduses on paljud mageveeloomad kohanenud riim- või mereveega, mereloomad jälle mageveega. Mitmed soevöötme-vormid on aegamööda kohastunud jahedama kliimaga. See kohastumine uute oludega on nõudnud pikki ajavahemikke ja etendanud loomaliikide suguvõsaloolises arenemises tähtsat osa.

Kirjeldatakse (Dallinger) katseid, kus korda olevat läinud harjutada viburloomi elama 70° C vees. Mageveeinfusoore ja vesikirpe võib harjutada elama soolases vees,

suhkrulahudes, 10%-lises alkoholis, 3—5%-lises arseenishappe-soolade lahudes.

Aklimatisatsiooni võib liigitada otseseks ja kaudseks. Otsesel e. direktsel aklimatisatsioonil muudavad teisenenud olud enamvähem kõik katsealuse loomakultuuri liikmed vastavalt neile oludele. Seetõttu kujuneb kogu katsealune loomakultuur võimeliseks elama uutes elutingimustes.

Kaudsel e. indirektsel aklimatisatsioonil ei toimu antud loomakultuuri liikmete vahetut kohastumist, vaid ühed neist liikmeist osutuvad juba katse algul sobivaiks elama uutes tingimustes, kuna teised, kel see võime puudub, järk-järgult välja surevad.

On otsene aklimatisatsioon aktiivne, isetegev, siis on kaudne passiivne ja põhineb looduslikul valikul (e. selektsioonil).

Paljud loomist võivad lühemat või pikemat aega välja kannatada ebasoodsaid elutingimusi, ilma et nad hukkuksid. Seisundeina, milles loomad avaldavad sellist vastupanu ümbruskonna olude karmusile, esinevad tali- ja suviuinak ja anabioosi e. taaselustumisega ja entsüsteerumisega e. ümmistumisega seotud varjusurma (letargia) laadi olekud.

Tali- ja suviuinak on sellised seisundid, milles kõik looma talitlused aeglustuvad ja nõrgenevad, millal loom muutub enamvähem liikumatuks ja tuimaks ega võta või võtab väga vähe toitu. Taliuinakusse langevad loomad külmal, suviuinakusse palaval või kuival aastaajal. Veeloomil võivad uinakuseisundid esineda veekogude ajajärgutisel kuivamisel.

Uinaku sügavus ja pikkus on eri liikidel erisugune. Uinak võib moodustada isegi suurema osa looma kogu elu pikkusest. Nii näiteks esineb ülipikk suviuinak mardikal *Phytodecta viminalis*'el, kel nukust arenev valmik veedab oma aastapikkusest elueast uinakus ligi 10 kuud.

Taliuinakut on täpsemalt uuritud (Dubois) närilisel imetajal — alpi-ümisejal (*Arctomys marmota*). Nii taliuinakusse suikumine kui ka sellest ärkamine toimub ärkvel-

oleku ja uinakuaegade vastaval aegamööda toimuval pikenemisel või lühenemisel. Uinaku kestel ärkab loom iga 3—4 nädala takka 12—24 tunniks, millal ta tühjendab pärasoole ja kusepõie. Seedimistoime on aeglustatud. Hingetõmbed aeglustuvad, ühtides südame tuikamisega (ligi 15 korda tunnis). Hingamise tõhusus, s. o. ajaühikus sissehingatud hapnikuhulk on ligi 30—40 korda vähem kui normaalses olekus. Kehasoojus langeb 37,5° C kuni 4,6° C. Veri pakseneb. 160 päeva kestel kaotab loom kaalust niisama palju kui nälgiv ja ärkvel olev loom 12 päevaga. Taliuinaku võib alpi-ümisejal esile kutsuda ka kunstlikult, kui loomal lastakse hingata hapnikku segus rohke süsihappegaasiga, mis mõjub kui uimastav (narkootiline) vahend.

Taliuinakut leiame külm- ja parasvöötmeloomil. Taliuinakut peavad siin kõigusoojased (poikilotermsed) loomad niihästi selgrootuist (ämblikud, putukad, tigud jne.) kui ka selgroogseist (kahepaiksed, roomajad). Samuti suiguvad taliunne ka mitmed püsisoojased (homöotermsed) loomad, nagu siil, nahkhiired, pruunkaru, määr jne.

Taliuinaku laadi nähtust võivad avaldada ka mõned paras- ja külmvöötme veeloomad: mõned kalad ilmutavad talvel loiumat elutoimet. Konnad poevad talveks mageveekogudes põhjamutta, püsides siin uinakutaolises seisundis ja hingates siis ainult naha kaudu. Mõned kalad võivad tardunud olekus elus püsida veekogudes, mis talvel põhjani läbi külmuvad.

Suviuinakut leiame peamiselt kõigusoojaseil maismaaloomil (ämblikel, putukail, tigudel, kahepaikseil, roomajail). Püsisoojaseist suviuinakuga loomist väärib tähelepanu Madagaskaril elav siiljas putuktoiduline t a n r e k (*Centetes ecaudatus*). Suviuinakut leiame peamiselt soevöötmeloomil ja neil parasvöötmeloomist, kes elavad rohtlais ja kõrbedes, kus suvel valitseb palavus ja kuivus. Kuid suviuni võib esineda ka mõnel teisel parasvöötmevormil. Näitena olgu nimetatud rapsi-(õlikaalika-)lehesööja *Entomoscelis adonidis,* kes suveks poeb muldpinnasesse, pidades seal uinakut sügiseni.

Suviuinak võib esineda ka veeloomil. Mõned kalad

(havid, ahvenad) võivad peituda kuivavate veekogude haudade mutta ja siin uinakuseisundis püsida isegi aastaid. Ka krokodillid võivad veekogude kuivades pugeda põhjamutta ja püsida siin uinakuseisundis niiske perioodi tulekuni.

Aafrika kopskala (*Protopterus*) poeb veekogude kuivades põhjamutta ja ümbritseb end nahanäärmete nõrest tekkinud nahkja kestaga (kookoniga) ning langeb suviuinakusse. Suviuinak, mille vältel ujupõied talitlevad kopsudena, kestab järgnevate vihmade perioodini, millal kuivanud sängid jälle veega täituvad.

Nii tali- kui ka suviuinak esineb kasuliku kohastumisena karmide ümbruskonna-oludega. Sellise kohastumisvõime on välja töötanud eluvõitlus ja looduslik valik. Mõnel loomal on säärane perioodiline uinakuseisund kujunenud koguni paratamatuks füsioloogiliseks tarbeks, mille ärajäämine mõjub loomale kahjulikult või on koguni hukutav (näiteks vajavad paljud liblikad oma nukkude normaalseks arenemiseks vastavat madalat talitemperatuuri).

Anabioos e. taaselustumine on reale selgrootuile omane võime terakeseks või pihukeseks kokku kuivada ja sellises varjusurmalaadses seisundis üle elada ebasoodsaid elutingimusi ning hiljem niiskusega kokku puutudes endist kuju omandada ja normaalsesse ellu ärgata.

Anabioosi leiame juurjalgseil, infusooridel, angeruslasil (ümmarussidest), keriloomil, loimureil ja mõnel alamal vähjal.

Neil keriloomist ja loimureist, kes elavad ainult vees, puudub anabioos, küll aga esineb see vormidel, kes elavad niiskeis paigus (samblas). Meredes pole leitud anabiootilisi loomi, küll aga soolajärvede setteis.

Ühed anabiootilisist loomist võivad püsida varjusurmaseisundis lühemat, teised aga pikemat aega — kuid ja isegi aastaid (infusoor *Colpoda cucullus* 13 aastat). Katsed loimuritega näitavad, et mida kauemini on loom püsinud varjusurma-olekus, seda aeglasemini ta ärkab ellu niisutusel ja seda vähem on üldse elluärkavate %. Peale 30 kuud kestvat kuivamist (õhutus ruumis või väävelhappe kohal) ei

ärganud 50 *Macrobiotus conifer*'i (loimuri) isendist ellu enam ükski.

Entsüsteerumine e. ümmistumine on eriline varjusurma laadi varje-elu-seisund, milles loom, ümbritsedes end kaitsva kestaga e. tsüstiga, väldib ebasoodsate elutingimuste hukutavat mõju. Entsüsteerunud olekus võivad mõned loomad elus püsida isegi aastakümneid.

Entsüsteerumisvõimelisi loomi leiame algloomade, rips-, kärss- ja ümmarusside, väheharjaseliste rõngusside ja aerjalaliste vähkide seast.

Ainurakseist esineb entsüsteerumine tavaliselt magevee- ja väga harva mereveevormidel. Entsüsteerumisel tõmbuvad kõik jätked (kulendid, viburid, ripsmed) kehasse, loom omandab ümmariku kuju ja nõristab enda pinnale ühest või mitmest kihist koosneva kesta (tsüsti). Tsüst, koosnedes tihedamaist orgaanilisist aineist (kitiinist, tselluloosist), võib mõnikord sisaldada ka anorgaanilisi setteid (räni).

Paljudel algloomil esinevad põisjad ajajärguti ilmuvad ja kaduvad vedelikuga täidetud ruumid, nn. kontraktiilsed vakuoolid e. tuikekublikud. Tuikekublikud toimetavad kehast välja vett ühes süsihappe ja kusinikuga, talitelles seega kui hingamis- ja erituselundid. Tuikekublikud töötavad ka entsüsteerunud algloomil. Kublikust väljapigistatud vedelik koguneb kehaseina ja tsüsti vahele. Tuikekublikute töö näitab, et vaatamata entsüsteerunud looma näivale liikumatusele ja varjusurma laadi seisundile toimub tas siiski ainevahetus ja tuksub elu.

Entsüsteerumisvõimelisil ümmarussidel etendab tsüsti osa nahapinnalt eralduv kest (kutiikulakiht), rips-, kärss- ja väheharjaselisil rõngussidel (näit. vihmussil) nahanäärmeist nõristatud lima, millele sageli kleepuvad ümbruskonnalt saadud sõmerakesed. Ka aerjalalisil vähjakesil võib talveks tekkida nahanäärmeist nõristatud tsüst.

Entsüsteerumine pole vastavaile loomile mitte ainult kaitseabinõuks ebasoodsate elutingimuste vastu, vaid ka heaks levimisvahendiks.

Võrdluseks entsüsteeruvate ja anabiootiliste loomadega on huvitav meelde tuletada, et mõnede taimede seemned võivad (ülisuuri temperatuuri kõikumisi välja kannatades) eluvõimelisina tallel püsida ülipikki aegu — aastasadu. Et õhuta ruumis, kus taimeseemned on viibinud kuude kaupa, isegi spektraalanalüüsi abil pole korda läinud avastada süsihappegaasi (kui ainevahetuse paratamatu tekise) jälgi, siis tuleb arvata, et ainevahetustoime on selliseis seemneis täielikus seisakuolekus.

Tali- ja suviuinaku, anabioosi ja entsüsteerumise nähtused tõestavad, et paljudel loomil elutalitlused võivad teatavail tingimusil soikuda või vaibuda, säilitades võime soodsais oludes uuesti oma tegevust alustada. Sellist elutalitluste peiteseisundit nimetatakse peite- e. varjeeluks (*vie latente* — Claude Bernard) e. potentsiaalseks e. võimalikuks eluks (potentielles Leben — Preyer). Taasärkamist igasugusest varje-elust kutsutakse sageli ka anabioosiks laiemas mõttes.

Peale varje-elu-seisundite võivad loomad endid või oma sugu ebasobivate olelustingimuste vastu kaitsta veel püsimunade, püsipungade ja rännakute abil.

Püsimunad ja püsipungad. Paljude loomade munad on varustatud paksude või tihedate kestadega, mis neid kaitsevad ebasoodsate välisolude eest. Real loomil (mõnel ripsussil, keriloomal, vesikirbulisel) on kaks liiki mune: õhukese kestaga suvi- e. subitaanmunad ja paksu kestaga talimunad. Viimased võivad talvituda ja arenema hakata alles kevadel. Vesikirbulisil arenevad suvimunad emalooma seljas olevas haudetaskus, kus leidub tavaliselt rohkesti toitainet. Talimunad on harilikult suvimunadest reburikkamad ja seega ka suuremad. Ühtedel heidetakse talimunad vabalt vette, teistel aga suletakse efippiumi e. rübi nime kandvasse looma seljanahast tekkivasse moodustisse. Kestumisel tuleb rübi looma küljest lahti, esinedes siis talimuna sisaldava ujumisaparaadina.

Püsipungi leiame magevee- ja mõnel merikäsnal ning mõnel magevee-sammalloomal.

Käsnade püsipungad, nn. sisepungad e. gemmulid esinevad looma keharakkudest tekkivate rakukogumikena. Gemmulit katab eriline kahekordne sarvjast ainest (spongiinist) kehakesi, nn. amfidiskusi e. kaksikkettaid sisaldav kest. Gemmulid tekivad parasvöötmevormidel sügiseti, troopilisil aga kuiva aja tulekul. Käsna keha lagunedes langevad nad veekogumiku põhja, kus nad talvituvad. Kevadel poeb gemmulist välja selle kestas oleva õhukese paiga kaudu amööbjalt (vt. amööb) liikuv idu, millest areneb (mõnikord teiste idudega liitudes) uus käsn.

Mõnel magevee-sammalloomal tekivad kehaseinast tiheda kestaga püsi- e. talipungad. Teistel arenevad magusoolt kehaseinale kinnitavas funiikuluses e. köidikus läätsjad statoblastid e. läätspungad. Statoblastid on varustatud kõva kitiinkestaga, mille serva ümbritseb sageli õhku sisaldavaist kitiinkambrikesist ujuvöö ja pärg kidadega varustatud okkaid. Statoblastid heljuvad vees ringi ja annavad kevadel alguse uutele sammalloomade seltsinguile.

Loomade rändamine. Paljud loomad, eeskätt püsisoojased (homöotermsed) selgroogsed, sooritavad rännakutega seotud paigamuutusi, et vältida ebasoodsaid elutingimusi, nagu toidupuudust, mittesobivaid temperatuuriolusid jne.

Põhjapõdrad rändavad ajajärguti tundraist metsa ja tagasi, nähtavasti ühenduses toidunappusega ja sääskede ning pistkärbeste hooajaga. Samal viisil rändavad ka Põhja-Ameerikas muskusveised. Toidukülluse ja -nappusega seotud rännakuid sooritasid varemail aegadel Põhja-Ameerika preeriais elutsenud suured piisonikarjad. Vana- ja Uusmaailma põhjapoolsemais piirkonnis elavaist lemminguist (hiirlaste perekonnast) sigivad teatavad liigid mõnel aastal nii tõhusalt, et suurte parvedena rändavad mujale paremat toiteala otsima. Selliseid lemminguparvi ei takista nende rännakul ei mäed ega jõed-järved. Lõuna-Aafrikas rändavad tuhandeist isendeist koosnevad antiloobikarjad vihmase aja tulekul savannidesse ja steppidesse, kuivaks ajavahemikuks aga kaljurusu piirkondadesse või kaldametsadesse.

Korrapärast, aasta-aegadega seotud rännakut esindavad ka mõned põhjapoolsed nahkhiire-(*Vesperugo*) liigid.

Hoopis suurejoonelisemaid sesoonilisi (aasta-ajalisi) rännakunähtusi esineb paljudel parasvöötme linnuliikidel. Ühed neist, nn. h u l g u l i n n u d, sooritavad lühema ulatusega paigamuutusi, kuna nn. r ä n d l i n n u d kevaditi ja sügiseti võtavad ette pikki rännakuid. Rännakunähtuste ürgseks põhjuseks on nähtavasti talve arenemisega seotud toidunappus ja madal temperatuur. Aegade kestel aga on rändamistarve muutunud vaistuks ega olene enam kõigil rändlinnuliikidel vahetult välisoludest. Nii näiteks lendavad sügiseti mitmed meie rändlinnuliikidest tagasi lõuna poole, kui toitu on veel külluses ja temperatuur veel küllaldaselt sobiv. Puuris peetavad rändlinnud muutuvad neile vastaval rännakuperioodil rahutuks. Noored linnud, kes sügisel esimest korda lõuna poole lendavad, näivad teed tundvat ilma juhita, sest et nad sageli asuvad teele varemini kui vanad. Sellest järgneb, et rändamisteede tundmine on rändlindudel kujunenud teatava määrani esivanemailt päritud instinktiivseks omaduseks.

Vastavalt üksikute rändlinnuliikide eluviisile on rännakuteed ja rännakuviisid tunduvalt erinevad.

Rännakuteed on sageli hulga kilomeetrite laiused ja kulgevad enamasti paiku kaudu, kus edasipääs ja toitumistingimused on soodsaimad. Eelistatud teedeks on mererand ja jõgikonnad, sest vee ja maismaa kokkupuute piirkonnas on toiduleid hõlpsam ja mererannal soodustavad lendu ülestõusvad õhuvoolud.

Meredest lennatakse üle tavaliselt neis paigus, kus varemalt on olnud maakaelad või saarteread.

Ühed rändavad enamvähem laias rivis ja ligikaudu sama-aegselt, teised aga kulgevad salguti või üksikult üksteise järel. Ühed liiguvad pidevalt ja jõuavad pärale kiiresti (üksikute liikide kiirus võib ulatuda üle 190 km tunnis), teised rändavad aegamööda, tehes siin-seal pikemaid peatusi.

Lennukõrgus hinnati varemalt liiga suureks. Tegelikult pole rändlinde kohatud kõrgusil, mis ületavad 1 kilomeetri.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

Külmvöötme linnuvormid on peale lumekana kõik rändlinnud. Parasvöötmelindudest rändavad peamiselt putuktoidulised ja need, kes toitu leiavad rannikuvetest või seisvaist maismaavetest.

Aga rändavad ka rohust toituvad vormid, mõned teratoidulised ja paljud röövlinnud.

Parasvöötme lõunaosas suureneb paigalindude, s. o. mittehulkuvate lindude ja rändlinnuliikide arv.

Samast liigist vormid, kes ühes piirkonnas esinevad paigalindudena, võivad teises paigas olla hulgu- või rändlinnud. Põldpüü (nurmkana) näiteks on meil paigalind, kuna ta Ida-Venemaal on suurelt osalt rändlind, kes talvitub Volga jõe suudme piirkonnas Kaspia mere ääres.

Perioodilised, toidupuudusest ja -küllusest tingitud rännakud esinevad ka mõnel selgrootuliigil, näit. alžeeria rändritsikal, kes talveks rändab suurte parvedena Sahara lõunaossa, kust aasta esimesil kuil tuleb tagasi Alžeeriasse.

II. TSÜTOLOOGIA EHK RAKUÕPETUS.

Rakk on tuumaks (või tuumadeks) ja rakukehaks eristunud protoplasma- e. elusainetombuke. Nii tuum (või tuumad) kui ka seda ümbritsev rakukeha tekib pooldumise või jagunemise teel varemalt olnud vastavaist rakuosadest (joon. 1).

Raku kuju. Kujult on rakud — niihästi vabalt elavad (algloomad) kui ka koerakud — üliväga mitmesugused. Aga sellest hoolimata võime kõik rakuvormid kokku võtta kaheks põhitüübiks: kera- e. ellipsoiditüübiks, mida esindavad vabalt elavad rakud (enamik ainurakseid loomi ja munarakke), ja prisma- e. servikutüübiks — vormid, mida leiame paljudel koerakkudel (lootelehtede rakud, katekoerakud jne.).

Peale nende kahe põhitüübi esinevad sagedamate vormidena: süstikjad (silelihasrakud), niitjad (vöötlihasrakud, närvikiud, seemneniidid), haralised (side- ja luukoerakud), kuupjad (neerukanalikesis), lestjad (kehaõõnt vooderdavas katekoes).

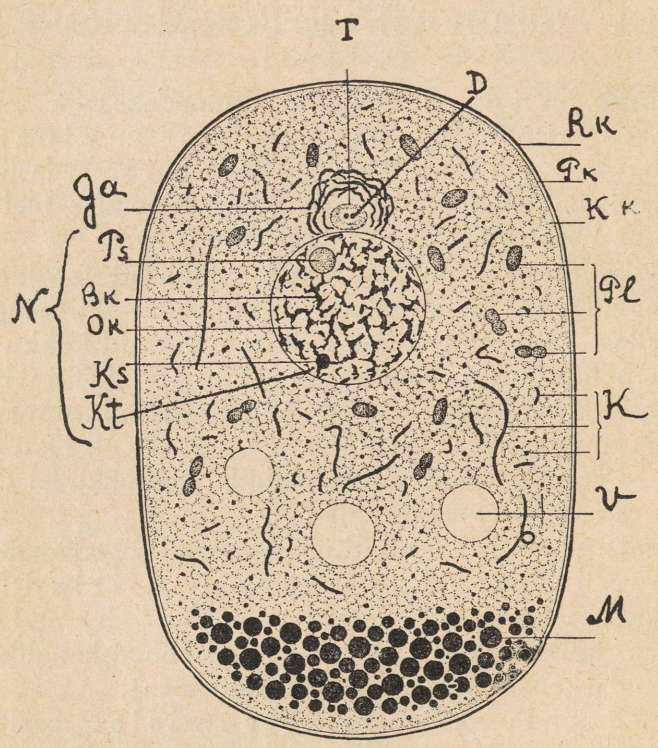
Raku kuju oleneb osalt sisemisist, osalt väliseist tegureist. Sisemisiks tegureiks on rakukeha osade kasvamise suund ja tahkete koetiste e. struktuuride esinemine rakukehas või rakukeha pinnal (algloomade skeletid).

Väliseks raku kuju põhjustavaks teguriks on mehaaniline surve, mida avaldavad antud rakule naaberrakud kitsas koeruumis.

Raku suurus. Nagu raku kuju, nii kõigub ka ta suurus laiades piirides. Enamik rakke on mikroskoopilised.

Raku keskmine suurus kõigub 10—100 μ vahel. Inimese muna läbimõõt ulatub 0,2 mm-ni. Vöötlihasraku pikkus võib küündida mitme (kuni 15) sentimeetrini. Närvirakud võivad kasvada ligi 1 m pikkuseks.

Võrdlemisi suured (igas suunas) on munarakud. Kõige suuremaks praegu elava looma munarakuks on jaanalinnumuna rebu (läbimõõt mitu sm), ehkki elusainet — proto-



Joon. 1. Raku üldskeem. T — tsentrosoom e. keskmekehake (ka tsentroplasma e. arhoplasma); D — kaheks pooldunud tsentriool e. keskmetera, nn. diplosoom e. kaksiktera; tsentriool või diplosoom ühes tsentrosoomiga moodustavad tsütotsentrumi e. rakukeskme; Rk — rakukest e. tsütoteek; PK — plasmakile; Kk — rakukeha koorkiht; Pl — plastiidid (valged — leuko- ja amüloplastid, rohelised — kloroplastid, kollased ja punased — kromoplastid) iseloomustavad taimi, esinedes loomariigis real viburloomist; K — kondriosoomid e. rakupihud; V — vakuool e. kublik; M — metaplasmalised (eluta) rakusisaldised (rebu- ja glükogeeniterad, rasvatilgad jne.); Ks — karüosoom e. tuumakehake e. ebatuumake; Ok — oksükromatiin (liniin); Bk — baasikromatiin; Ps — plasmosoom e. päristuumake; Kt — tuumakest e. karüoteek; N — rakutuum; Ga — Golgi aparaat (paigustatud kujul).

plasmat on siin võrreldes surnud rebu hulgaga vähe. Igale loomaliigile on omane eriline raku suurus.

On huvitav, et suuril antud liigi isendeil on rakud niisama suured kui väikesil.

Raku osised. Paratamatuiks raku osiseiks on rakukeha e. tsütosoom ja selles asetsev tuum (*nucleus*) või tuumad (joon. 1, N).

Rakukeha e. tsütosoomi koostav protoplasma kannab tsütoplasma e. rakukehaplasma nime. Rakutuuma moodustavat protoplasmat kutsutakse karüoplasmaks e. tuumaplasmaks. Seega esineks nimetus protoplasma laia mõistena, tähistades üldse elusollust e. alglima, millest koosneb rakk kõigi oma elavate osadega. Mõned uurijad aga tarvitavad sõna „protoplasma" hoopis kitsamas mõttes, mõistes selle all ainult rakukeha.

Raku üldosised, s. o. rakukeha ja rakutuum on omakorda eristunud alaosisteks. Algloomil kannavad paljud rakukeha osiseist rakuelundite e. organellide nime. Tutvume esmalt üldisemalt esinevate enamvähem püsivate, alatiste rakukeha osistega.

Kõigil hulkrakseil loomil ja paljudel algloomil esineb rakukeha püsiva osisena rakukese e. tsütotsentrum, mida sageli kutsutakse ka keskmekehakeseks e. tsentrosoomiks. Raku sigimisel pooldub rakukese iseseisvalt ja etendab raku kaudpooldumisel (vt. karüokinees e. mitoos) tähtsat osa (joon. 1, D).

Püsivaiks raku osiseiks on ka paljudel viburloomil esinevad rakuelundid, nn. trofoplastid e. plastiidid (kromatofoorid) (klorofülli e. leherohelise ikekehakesed e. kloroplastid, tärklise moodustajad amüloplastid). Plastiidid tekivad ikka juba olemasolevaist plastiididest pooldumise teel (joon. 1, Pl). Väga laialise esinemisega loomalisis rakkudes on ka kondriosoomid e. rakupihud ja nn. Golgi aparaat. Kuigi ka neil on võime pooldumise teel iseseisvalt kasvada ja sigida ning püsida rakus põlvkon-

dade kestel, võivad nad siiski rakus uudisarendeina uuesti tekkida.

Peale selle võib pooldudes sigida veel viburloomade viburi põhimikosas esinev basaal e. alustera ja mõnel viburloomal alusteraga seltsiv blefaroblast e. viburi- või ripsmemoodustaja.

Peale nende, põlvkondade kestel esinevate alatiste, püsivate raku osiste leiame rakukehast veel selliseid, mis tekivad iga rakupõlve alguses rakukeha tsütoplasmast ikka jälle uuesti. Selliseid iga uue rakupõlvega uuesti tekkivaid rakukeha osiseid võib kutsuda ergastilisiks eristusarendeiks e. töö-eristusarendeiks.

Rakukeha ergastilised eristusarendid tekivad eristumata (diferentseerumata) tsütoplasmast ja need võib liigitada alloplasmaatilisiks ja metaplasmaatilisiks.

Alloplasmaatilised (ka euplasmaatilised e. dünamoplastilised) rakukeha osised koosnevad elavast protoplasmast. Nad on osalt alatised, püsivad (mittepöörduvad e. irreversiiblid), osalt ajutised, mööduvad (pöörduvad e. reversiiblid). Siia kuuluvad näiteks algloomade viburid ja ripsmed, hulkraksete loomade rakkudes esinevad müofibrillid (lihaskiukesed), neurofibrillid (närvikiukesed), sklerofibrillid (toesekiukesed).

Metaplasmaatilised (ka meta- e. paraplastilised) rakukeha osised e. nn. rakukeha inkluusid (sisaldised, sulundid) on elava protoplasma talitlusel tekkivad elutud rakukeha osised. Siia kuuluvad näiteks sekreedid e. nõred, ekskreedid e. eritised, ensüümid e. käärollused, rebu- ja glükogeeniterad, rasvatilgad (joon. 1, M), pigmenditerakesed, tsütoplasmas tekkinud toesekehakesed (algloomil, käsnadel, õisloomil, okasnahkseil), õõsloomade kõrvetid (kniidid), gaasipõiekesed jne.

Rakukest. Rakukeha osiste hulka kuulub ka rakukest e. tsütoteek (joon. 1, RK). Kuna taimerakkudel on rakukest väga tavaline, pole selle esinemine looma-

lisil rakkudel mitte nii üldine. Algloomil (paljudel viburloomil, ripsloomil) katab rakukeha tihedam, jäikjam tsütoplasmakiht, nn. pelliikula e. nahand. Pelliikula on elavast protoplasmast alloplasmaatiline moodustis.

Hulkrakseil loomil esinevad rakukestad peamiselt metaplasmaatiliste, mitmesuguse paksusega, tihedusega ja koostisega moodustistena. Tekkimiselt on nad kas raku enese soetised (munaraku rebukest, vöötlihasraku sarkolemm) või on nad valmistatud teiste rakkude poolt (munaraku kõldkest, lubikoor, närvirakkude neurilemm e. Schwann'i kest).

Paljudel hulkrakseil loomil katab paljast rakku või esineb tavalise kesta all üliõhuke poolläbilaskev (semipermeaabel) plasmakile e. plasmamembraan (joon. 1, PK).

Protoplasma mikroskoobiline struktuur. Protoplasma, s. o. rakukeha ja rakutuuma koostava elusolluse peenkoetise küsimuses lähevad uurijate arvamised lahku. See vaadete lahkuminek ilmneb erinevais hüpoteesides, mis on üles seatud elusolluse peenehituse kohta.

1. Protoplasma homogeensuse e. ühtlikkuse hüpotees (M. Schulze) käsitleb elusollust poolvedela ühtliku e. homogeense ainena, mis sisaldab väikesi teri, nn. mikrosoome e. pisisõmeraid.

Mikrosoomid asetsevad ühtlikust protoplasmast koosneva rakukeha siseosas — polioplasmas e. säsiplasmas ja tuumas. Rakukeha välisosa protoplasma on pisisõmeraita hüaloplasma e. klaasplasma.

Hilisemad teooriad õpetavad, et protoplasma koosneb kahesugusest osast — vedelamast ja tihedamast, kuid nende vastastikuse korrastuse asjus lähevad vaated lahku.

2. Protoplasma fibrillaarse e. kiukeselise koetise teooria (Kupfer ja Flemming) alusel on elusollusel vilditaoline, kiudjas struktuur (koetis).

Protoplasma tihedam osa koosneb kiukesist e. fibrillidest ja kannab fibrillaarse olluse e. mitoomi (niidistiku) nime.

Kiukeste vahesid täidab vedelam interfibrillaarne ollus e. kiukeste vaheollus e. paramitoom (niidistiku vaheollus).

3. Protoplasma retikulaarse e. võrgulise koetise teooria (Heitzmann, Leidig) järgi on protoplasma tihkem osa eristunud võrkjaks käsnplasmaks e. spongioplasmaks, kuna vedelam klaasplasma e. hüaloplasma täidab vahesid võrkmiku niidikeste vahel.

4. Protoplasma granulaarse e. sõmeralise struktuuri teooria (Altmann, Heidenhain) väidab, et niihästi elusolluse tihkem kui ka vedelam osa koosneb peenist teradest või sõmeraist, nn. graanulaist.

Altmann uskus koguni, et need sõmerad võivad iseseisvalt elada väljaspool rakke pisilaste-mikroobide kujul. Need pidid võima iseseisvalt toituda, kasvada ja isegi pooldudes sigida. Seega oleksid Altmanni sõmerad veel lihtsamad elementaarorganismid kui rakud.

Rakud pidid olema kokkuliitunud graanulate rühmad.

Altmanni õpetusele graanulaist kui elementaarorganismidest räägib vastu see, et paljud protoplasmasõmeraist esinevad kas rakukehasse talletatud eluta varuaineina või kunstmoodustisina, mis tekivad mikroskoobilise preparaadi valmistamisel (fikseerimisel, värvimisel) uuritavais rakkudes.

5. Protoplasma alveolaarse e. kärjelise (ka spumoidse e. vahulaadse) koetise teooria (Bütschli, Rhumbler, Quinke).

Paljudes elavais ja samuti ka histoloogiliste meetodite varal surmatud rakkudes on protoplasmal peenesilmalise võrgu ilme.

Võrgusilmakeste läbimõõt kõigub 1—5 μ vahel ($\mu = {}^{1}/_{1000}$ millim.). Kuna varemad uurijad pidasid sellist koetist võrkja ehituse avaldusvormiks (vt. retikulaarse e. võrgulise koetise teooria), tegi Bütschli kindlaks, et neil kordadel on tegemist protoplasma kärjelise, vahulise peenkoetisega. Paistab ju kärjeline koetis ristilõigus võrguna.

Bütschli järgi koosnevad kärgede seinad tihkemast ainest — klaasplasmast e. hüaloplasmast, kärgede sisu aga vedelplasmast e. enkülee-mist.

Bütschli näitas katse abil, et kärjelise koetise alusel on hõlpus seletada mõnd protoplasma liikumisvormi (näit. amöboidset). Ta segas suhkrut provanks- e. oliiviõliga ja asetas tilga sellest segust vette. Vesi tungis läbi õli ja lahustas selles olevad suhkruterakesed. Tekkis suhkrulahuga täidetud õlist seintega mullikeste kogumik — kärjeline, vahuline mass.

Neis paigus vahutilga pinnal, kus kärjesombud mingil põhjusel lõhkesid, vähenes pinna pinge. Selle tagajärjel hakkasid seespoolsed kärjesombud (-mullid) liikuma vähenenud pinge suunas, s. o. väljapoole. Nõnda tekkis vahutilgakese pinnal jätke, mis meenutas amööbi kulendit e. pseudopoodi. Jätke suurenes ja sellesse tungis suurem osa vahutilgakese sisust — toimus vahutilgakese paigamuutus. Vahutilgake esines kunstliku amööbina, kes elava amööbi kombel rändas oma kunstlike kulendite varal paigast paika.

Kui kaks vedelikku moodustavad vahusegu, siis ühinevad kärjesompude nurkades ikka ainult kolm seina (minimaalpindade seadus). Sõmeraid (graanulaid), mida kirjeldas Altmann rakkude protoplasmas, peab Bütschli naaberkärjesompude (alveoolide) nurgatäppeiks.

Protoplasma fibrillaarse ehituse teooria oletatud kiukesi seletab Bütschli ühes suunas pikaks veninud kärjesompude nurkade pikilõigust saadud piltidega.

Tuleb tähendada, et paljudel juhtudel rakkude protoplasma sisaldab tõesti elupuhuseid sõmeraid, mullikesi (sompusid), kiukesi. Kuid kõigi rakkude kohta seda siiski tõestada ei saa.

Üldiselt võib ütelda, et iga rakuliigi tsütoplasma (rakukeha-plasma) ilmutab erisugust peenkoetist, mis on kooskõlas antud rakuliigi eritalitlusega. Nii näiteks leiame lihas- ja närvirakkudes kiukeselist, näärmerakkudes sõmera-

list ja kärjelist koetist. Varases loote-eas aga puuduvad rakukehas need struktuurid. Sellest järgneb, et raku protoplasma koetis võib erineda vastavalt ta eluperioodidele ja talitlusseisundeile.

Sellist vaadet rakkude protoplasma peenkoetisele võib nimetada protoplasma polümorfse e. mitmekujulise struktuuri teooriaks.

E. Fischer mõjustas hüübinud munavalget mitmesuguste keemiliste reaktiividega ja avastas, et esialgu ühtlikus, homogeenses munavalges tekkisid terad, mullid (sombud), kiukesed, võrgud. Selle katse alusel salgab E. Fischer kõigile protoplasmaliikidele omast üldstruktuuri ja oletab (nagu M. Schulze jt.), et elusollus on põhiloomult ilma morfoloogilise koetiseta klaasjas ühtlane aine.

Kõik mitmesuguste rakuliikide tsütoplasmas esinevad sõmerad, sombud (mullid) ja kiukesed pole E. Fischeri arvates muud kui ühtlikus protoplasmas toimunud keemiliste protsesside ja füüsiliste muutuste morfoloogilised ilmed.

H. Giersberg (1922) katsetas amööbi kallal vett äravõtvate ainetega (äädikahapu-naatrium, suhkur), muutes loomakese protoplasma tihkemaks ja tekitades ses palju sõmeraid. Kui ta hiljem sama amööbi mõjustas tursutavate, vett juurdeandvate ainetega (destilleeritud vesi soolhappega), siis kahanes sõmerate hulk ja protoplasma omandas ühtlase klaasja ilme.

Tähtis on, et kõik need muutused olid elupuhused e. vitaalsed ja pöörduvad e. reversiiblid, s. o. samas elavas amööbis muutus sõmeraline protoplasma klaasjaks ja klaasjas uuesti sõmerjaks.

Fischeri ja Giersbergi katsed on kooskõlas uuema kolloidkeemiaga, mis näitab, et samas kolloidaines võivad hõlpsasti esile tulla niihästi homogeensed kui ka granulaarsed, kiukeselised ja võrgulised koetised.

Kõike seda arvesse võttes tuleb tunnistada ühes Gurwitsch'iga, et protoplasma on õrn, hõlpsasti muutuv, labiilne kolloidsüsteem. Sel kolloidsüsteemil on kord üks, kord teine struktuur vastavalt oma faasiseisundile (vedelamale — hüdrosoolsele, tihedamale — hüdrogeelsele). Kuid

ühtki neist struktuuridest ei saa pidada ainumaksvaks, püsikestvaks protoplasma eluavalduste esindajaks.

Protoplasma mitsellteooria. Ultra- ja polarisatsioonmikroskoobiliste ja röntgenograafiliste meetodite varal on leitud, et mitmesugused raku osad (lihaskiukesed e. müofibrillid, protoplasmakiired tuuma pooldumiskäävis, kromosoome e. tuumalajusid koostav aine) koosnevad ülitillukesist protoplasmapihukesist — submikroonidest e. mitsellidest.

Sama on tähele pandud ka mõnede rakuväliste koeosade, näit. sidekoe-kiukeste e. kollageenfibrillide ja paljude selgrootute (näit. putukate) keha katva kitiini suhtes.

Submikroonide paigustus kõigis neis moodustisis on parakristalne, s. o. nende pikiteljed on rööbitised antud moodustiste (näit. sidekoe-kiukeste) pikiteljele. Teistel juhtudel on mitsellide (submikroonide) asetus selline, nagu kristalse aine osakeste asetus kristalli indiviidi ruumvõrestikus.

Valguskiirte suhtes on mitsellid positiivselt või negatiivselt üheteljeliselt kaksikmurdvad. Isegi protoplasma vedelosas on submikroonid sageli valguskiirte levimise suhtes anisotroopsed, s. o. valguse levimiskiirus neis oleneb kiirte suunast, mis põhjustabki kaksikmurduvust (kaksikmurdumisel lõhustub valguskiir kaheks osaks, millest üks alistub tavalisile murdumisseadusile, teine mitte).

Nagu kristalliosakesed kristalli tekkimisel, nii ilmutavad ka mitsellid protoplasmastruktuuride tekketoimes omaalgatus- ja enesekorrastusvõimet — autonoomsust.

J. W. Schmidt selgitas juurjalgsete võrkjate kulendite (retikuloossete pseudopoodide) koosnevust gel-seisundis tihedamast telgosast (stereoplasmast) ja vedelamast väliskihist (reoplasmast). Kulendi telgosas on kõigil mitsellidel sama pikisuund, mis põhjustabki valguse kaksikmurduvust selles osas. Kulendi väli-

osas aga puudub mitsellidel kindel üldsuund. Vastavalt sellele puudub siin ka valguse kaksikmurduvus.

Sama autor tegi kindlaks mitsellaarse struktuuri kromatiinis e. tuumalaju värvuvas aines, millest koosnevad seemneniidikeste pead ja kiirloomade samikeoste (isospooride) tuumalajud.

Protoplasma keemilised elemendid. Varemalt nägime, et iga loomaline organism koosneb vähemalt 12 keemilisest elemendist: C, H, N, O, S, P, Cl, K, Na, Mg, Ca ja Fe. Need biogeensed e. organogeensed, s. o. elu e. elundit tekitavad elemendid on rakkude elementaarsemaid ehituskivikesi. Kõiki neid vajab rakk oma aine- ja energiavahetus- ning kujumuutustoimeis. Kõik nad peavad sisalduma toidus ja vees, mida rakud ammendavad oma ümbruskonnast.

Peale biogeensete elementide leiame paljudel loomil korrapäraselt esinevat veel muid elemente. Need sisalduvad osalt elutuis toeseosades, nagu räni (Si) ja strontsium (Sr), osalt leidub neid talitluselt tähtsais kehaaineis, nagu vask (Cu), mangaan (Mn), jood (J), vanaadium (V).

Mõnede harva loomakehas esinevate elementide (broom — Br, arseen — As, tsink — Zn, alumiinium — Al) tähenduse kohta protoplasma aine- ja energiavahetustoimes puudub veel selgus.

Protoplasma kuivainest on hulga suhtes biogeenseist elementidest esikohal C, H, O ja N, kuna S, Na, Mg, K, Ca, Cl ja P moodustavad ainult mõned kümnendikud või sajandikud %-id sellest kuivainest.

Rauda (Fe) sisaldub elusolluse kuivaines ainult mõni sajandik või tuhandik %. Sama maksab ka Mn, Cu ja J kohta.

Kõik protoplasmas ja selle tekiseis sisalduvad keemilised elemendid peale biogeensete elementide on lisaelemendid e. aktsessoorsed elemendid.

Mõned neist lisaelementidest talitlevad protoplasma aine- ja jõuvahetuse aluseks olevais keemilisis toimeis kui nn. katalüsaatorid, s. o. keemiliste protsesside kii-

ruse reguleerijad, ja kannavad katalüütiliste elementide nime.

Biogeenseist elementidest iseloomustab süsinikku (C) võime soetada ühes teiste keemiliste elementidega ühendeid, mis arvult ületavad kõik muud, teiste elementide poolt antavad ühendid. Enamikku neist süsinikuühendeist iseloomustab erakorraline võime muutuda hõlpsasti muiks ühendeiks.

Teiseks elemendiks, mis etendab silmapaistvat osa protoplasmat koostavais orgaanilisis ühendeis, on N. Paljusid N-ühendeid iseloomustab suur püsimatus ja hõlpus laostuvus — omadused, mis tähistavad ka elusollust.

Need C-i ja N-i eripärased tunnused aitavad seletada elava protoplasma keerulist koostist ja hõlpsat lagunevust ainevahetustoimes.

Protoplasma keemilised ühendid. Kaks asjaolu raskendab raku protoplasmat moodustavate keemiliste ühendite eritlust. Esimeseks raskuseks on see, et protoplasma keemiline analüüs eeldab protoplasma surma. Surnud protoplasma ehitusühendite koostis aga võib tublisti erineda elava protoplasma omast.

Teiseks raskuseks on, et rakud sisaldavad peale elava protoplasma veel vähemal või suuremal hulgal elutuid varu-(reserv-)aineid, mis tumestavad elusolluse keemilisest analüüsist saadud pilti.

Neile raskusile vaatamata on selgunud, et elusollus on väga rikas valkaineist, kuna rasvad, süsivesikud ja lipoidid e. rasvandid hulgalt asuvad teisel kohal.

Valgud on kolloidsed, suurist molekulidest koosnevad ained, mis alati sisaldavad C-i, H-i, O-i ja N-i, sageli ka S-it ja P-it, Fe-it ja mõnikord isegi I-i, Cl-i, Br-i ja Cu-it.

Valgud, lipoidid, vesi ja soolad kuuluvad protoplasma alatiste osiste hulka. Süsivesikud ja rasvad esinevad tavaliselt varuainetena ja võivad rakkudes juhuti puududa.

Valkaineid iseloomustab ülikõrge molekulikaal. Lihtvalkudel kõigub see 4000 ja 7000 vahel. Liit-

valkudel on see kaal veel palju kõrgem. Nii näiteks on verepuna e. hemoglobiini molekulikaal 16.669 ja molekulivalem $C_{758}H_{1203}N_{135}O_{218}Fe\ S_3$.

Uuem valkainete keemia on kindlaks teinud, et valgud koosnevad amiinohappeist. Amiinohapped on ühendid, mis sisaldavad amiinogruppi NH_2 ühenduses süsinikuahelaga ja süsihappega.

Amiinohappeid iseloomustab see, et nad võivad siduda oma NH_2-grupiga mitmesuguseid happeid ja CO_2H-grupiga alkaalseid elemente. Sel amiinohapete omadusel on suur tähtsus raku ainevahetuses, milline toime just iseloomustabki valkudest koosnevat elusollust.

Monoamiinohappeist (glükokollist, alaniinist ja leutsiinist) ja diamiinohappeist (lüsiinist, tsüstiinist ja arteiinist) võib looma organism üles ehitada oma elavaist valkudest koosneva protoplasma.

Kuid ka keemilises laboratooriumis on õnnestunud selline amiinohapete ühteliitmine. E. Fischeril läks korda ühendada üksteisega mitte ainult samasse liiki, vaid ka eri liikidesse kuuluvaid amiinohappeid. Sellised amiinohapete liitumisest saadud ained — polüpeptiidid meenutavad mitmes suhtes looduslikke valkaineid.

Valgud võib liigitada proteiinideks ja proteiidideks. Proteiinid e. lihtvalgud koosnevad ainult amiinohappeist, kuna proteiidid e. liitvalgud sisaldavad peale amiinohapete veel muid ühendeid.

Proteiinide ringi kuuluvad albumiinid (vere seerumalbumiin, piima laktalbumiin), globuliinid (vere seerumglobuliin, piima laktglobuliin), koaguleeruvad e. hüübivad valgud (vere fibrinogeen, lihaste müogeen ja müosiin), histoonid (globiin kui hemoglobiini e. verevärvniku osis), protamiinid (esinevad seemnerakkude tuumades ega sisalda S-it), albuminoidid e. proteinoidid e. skleroproteiinid (sardvalgud) (esinevad looma kehas tahkes olekus ega sisalda aromaatilisi amiinohappeid: spongiin e. käsnaine, konhioliin e. karpaine, gorgoniin e. koralliin e. korallaine,

fibroiin e. kiudaine, seritsiin e. siidaine, kollageen e. limaaine [ühes osseiini e. luuainega], retikuliin e. võrkaine, elastiin e. kerkaine, kondriin e. kõhraine, keratiin e. sarvaine).

Lihtvalkude ühinemisel veega (hüdratatsioonil) ja laostumisel tekivad S-it sisaldavad albumoosid, ilma S-ita peptoonid, küriinid, peptiidid, amiinohapped.

Proteiidide hulka kuuluvad nukleoproteiidid (esinevad rakutuumades ning koosnevad valgust ja nukleiinhappest), fosfoproteiidid (on koos valgust ja vosvorhappest, näit. piima kaseinogeen), kromoproteiidid (koosnevad valgust ja värvainest, näit. hemoglobiin e. verevärvnik), glükoproteiidid, näit. mutsiin e. limaaine).

Süsivesikud e. karbohüdraadid on aldehüüdi- või ketoonilaadsed mitmeväärsete alkoholide tekised. Nad jagunevad mono-, di- ja polüsahhariidideks. Monosahhariididest e. lihtsuhkruist on tähtsamad heksoosid ($C_6H_{12}O_6$), nagu glükoos e. viinamarjasuhkur, fruktoos (levuloos) e. puuviljasuhkur ja galaktoos (lihtpiimasuhkur). Disahhariididest e. kaksiksuhkruist on tavalisemad sahharoos e. roosuhkur, maltoos e. linnasesuhkur ja laktoos e. piimasuhkur. Tähtsamaid polüsahhariide e. hulgisuhkruid on tärklis, glükogeen e. loomasuhkur, dekstriin ja tselluloos.

Rasvad on kolmeväärse alkoholi — glütseriini ja kõrgemate rasvahapete (palitiin-, steariin- ja õlihappe) estrid. Palmitiin- ja steariinhapet sisaldavad rasvad on tahkemad (rasv, pekk), oleiinhapet sisaldavad aga vedelamad, õlijad (rääs e. traan).

Lipoidide e. rasvandid on rasva laadi ained ja jagunevad steriinideks ja fosfatiididideks. Tähtsamaid steriine on kolesteriin (näit. sapikivides) ja selle tavaline saatja ergosteriin ja ka sapihap-

p e d. Tavalisem fosfatiid on vosvorhapet sisaldav l e t s i t i i n.

Protoplasma elav valkude süsteem sisaldab veel mitmesuguseid k ä ä r o l l u s e i d e. f e r m e n t e. Fermendid on orgaanilised ained, mis ise o m a d u s i l t ja h u l g a l t m u u t u m a t u i n a püsides võivad ümber töötada (muuta) suured hulgad orgaanilisi aineid. Fermendid etendavad tähtsat osa elava protoplasma ainevahetustoimes.

F e r m e n d i d e. e n s ü ü m i d on sellised orgaanilised k a t a l ü s a a t o r i d (e. keemiliste reaktsioonide kiiruse reguleerijad), mis tekivad ainult elavais rakkudes. Kuid töötada võivad fermendid ka väljaspool organismi. Orgaanilised ained, mida ferment ümber töötab, kannavad s u b s t r a a d i (aluspinna) nime. Fermentide mõju on s p e t s i i f i l i n e (eriomane), s. o. iga ferment on tegev ainult temale vastava struktuuri- ja stereokeemilise korrastusega substraadi suhtes. Fermendi ja substraadi suhe teineteisega on nagu võtme suhe lukuga.

Igale fermendile on omane vastav temperatuuri-optimum, milles ta kõige suurema kiirusega töötab, samuti ka asjaomane keskkonna reaktsioon (happeline, aluseline). Ühed fermentidest talitlevad lammutavalt, teised ehitavalt. Ehkki fermentide keemilise olundi kohta pole teada midagi kindlat, võib oletada, et nad koosnevad nn. a k t i i v s e s t g r u p i s t ja valku sisaldavast k o l l o i d s e s t k a n d u r - o s a s t. Paljudel fermentidel puudub alguses teotsemisvõime. Nad kannavad siis p r o f e r m e n t i d e e. e e l - k ä ä r o l l u s t e nime. Eriliste aktivaatorite e. virgutajate (nn. k o f e r m e n t i d e e. k i n a a s i d e) mõjul kujunevad inaktiivsed (tegevuseta) profermendid aktiivseiks fermentideks.

Fermendid võib nende töö laadi alusel liigitada hüdro- ja desmolaasideks. H ü d r o l a a s i d l a o s t a v a d substraati, seda veega ühendades (hüdreerides), kuna d e s m o l a a s i d substraadi lihtsalt ära purustavad.

H ü d r o l a a s i d e s t on tähtsamad e s t e r a a s i d e. rasvalõhustajad (l i p a a s e. s t e a p s i i n), k a r b o -

hüdraasid e. süsivesikulõhustajad (ptüaliin, maltaas), proteaasid e. valgulõhustajad (pepsiin, trüpsiin, erepsiin), desamidaasid (arginaas, ureaas).

Desmidaaside ringi kuuluvad oksüdeerivad e. hapendavad fermendid (katalaas), karboksülaasid (lõhustavad substraadilt lahti süsihappegaasi), dehüdraasid (lõhustavad substraadilt lahti vett).

Protoplasma füüsikalised omadused. Erikaal. Destilleeritud vees vajuvad elava koe killud peatselt põhja. Sellest järgneb, et protoplasma erikaal ületab 1-e. Jensen paigutas infusoori (*Paramaecium aurelia*) destilleeritud vette, lisades sellele juurde K_2CO_3, kuni infusoor jäi lahusesse heljuma. Siis määras ta areomeetri abil kindlaks lahuse erikaalu, mis osutus 1,25. Et aga K_2CO_3-lahus rakult rohkesti vett ära võtab, muutus infusoori protoplasma lahuses tihedamaks, kui ta oli normaalses seisundis. Sellest järgneb, et infusoori protoplasma tõeline erikaal peab olema märgatavalt vähem kui 1,25.

Bresslau võttis hulga ripsusse ja määrates püknomeetri abil nende erikaalu leidis arvud 1,055—1,02. Sakya Kenda valmistas protoplasma erikaalu määramiseks kummiaraabiku-lahused, mille erikaalud olid tuntud. Selliste lahuste abil leidis ta infusoor *Paramaecium*'i erikaalude arvud 1,08—1,09, mis on väga lähedad Bresslau omadele.

Agregaat-olek. Protoplasma agregaat-olek on peamiselt vedel. Protoplasma allub vedelike kohta maksvaile seadusile. Ta sisemine elastilisus (kerksus, vetruvus) on üliväike või see puudub üldse. Sellepärast omandab protoplasma mingisse anumasse paigutatult viimase kuju ja piirab oma vaba pinna horisontaalse tasapinnaga (nagu vesi). Nagu muudegi vedelike osad, nii on ka protoplasmat koostavad osakesed kõigis suunis vabalt paigast nihutatavad.

Mitte väga kõrgete rõhkude suhtes on protoplasma inkompressiibel e. mitte-kokkusurutav. Vaatamata sellele et sisemine surve (rõhk) rakus võib

tõusta mitme atmosfäärini, ei häiri see rakus toimuvaid elutalitlusi.

Protoplasma allub suurelt osalt ka I kapillaarsusseadusele, mis seisneb selles, et vedelikel on vabalt liikuvas keskkonnas kõige väiksem pinnavorm — kera kuju.

Samuti on protoplasma kohta maksev ka II kapillaarsusseadus, s. o. niihästi vedelike äärenurgalause kui ka vedelike levimislause. Äärenurga-lause kohaselt moodustab protoplasma mingi aluspinnaga kokku puutudes samadel tingimustel alati sama nurga. II kapillaarsusseaduse levimislause alusel peab vähema pinnapingusega aine suurema pinnapingusega aine pinnal õhukeseks kileks laiali valguma. Selle printsiibi maksvust protoplasma kohta tõestab tähelepanek, et mõned paljad rakud (kahepaiksete lõigustusrakud, vedelama koostisega amööbid) veepinnale asetatult seal peeneks kihiks laiali valguvad. Kuid enamiku amööbide ja üldse suurema osa rakkude kohta ei maksa see lause. See oleneb sellest, et rakupind ei püsi tavaliselt vedelas seisundis (nn. sol-olekus), vaid on väga viskoosne (on nn. gel-olekus), takistades oma osakeste liikumist üksteise suhtes.

Eriti sobivate esemete, näit. limaseente (*Myxomycetes*) puhul võib näidata, et protoplasma allub ka III kapillaarsusseadusele. See seadus seisneb selles, et protoplasma kapillaartorusse paigutatult tõuseb seal kõrgemale, nagu vedelik.

Ülaltoodust selgub, et suur osa loomalisist rakkudest, eeskätt algloomist ja noorist embrüonaalseist rakkudest allub vedelike kohta maksvaile füüsikaseadusile. Juhud, mil rakud mitte eranditult kõigile füüsikalisile vedelikuseadusile ei allu, seletuvad sellega, et elavate rakkude välispind püsib tahkemas želeesarnases agregatsiooniseisundis ja et protoplasma ise on mitmesuguste ainete kolloidsegu.

Protoplasma kui kolloid. Katsed ja vaatlused näitavad, et protoplasma ja sellega seotud valgud ning süsivesikud kuuluvad kolloidainete ringi. Kolloid on

selline kahest või mitmest faasist (esinemisjärgust) koosnev arend, milles vähemalt ühte faasi moodustavate üksikosakeste läbimõõt on 1—50 mμ. Faas aga on selline aine seisund, milles pole võimalik optiliselt ühte ta osa teisest eraldada (näit. puhas kristall, puhas klaas, ehtne lahus). Seega on faas täiesti homogeenne, ühetaoline aine olek. Aine osakesed faasis esinevad kas eriti suurte üksikmolekulidena või paljudest molekulidest koosnevate kristalse või amorfse aine osakestena, tilgakestena jne.

Kehade kolloidseisund esineb kõige ilmekamalt kolloidlahuseis e. nn. sol'ides. Vastandina ehtsale homogeensele (ühtlikule) lahusele, kus osakesed on vähemad kui 1 mμ, on kolloidlahus heterogeenne (mitteühtlik), vähemalt kahest faasist koosnev süsteem.

Ainet, mis kolloidlahuses on kolloidselt jaotunud, kutsutakse dispergeerunud faasiks e. hiivutatud esinemisjärguks. Keskkond aga, milles on toimunud dispersioon e. hiivutamine, kannab dispersioonivahendi nime. Nii dispergeerunud faasiks kui ka dispersioonivahendiks võib olla vedelik, tahke keha või gaas. Seega võib esineda kokku 9 mitmesugust dispergeerunud faasi ja dispersioonivahendi kombinatsiooni (ühendlust), millest mõned omavad eri nimetusi, nagu suspensoid (mil dispergeerunud faasiks on tahke keha, dispersioonivahendiks aga vedelik) ja emulsoid (mil niihästi dispergeerunud faasiks kui ka dispersioonivahendiks on vedelik).

Sõna dispers tarvitatakse kolloidkeemias üldse aine jaotuvuse tähistamiseks. Kolloiddispers on selline aineseisund, kus üksikosakesil on kolloidaalne suurus (1—50 mμ). Jämedispers-moodustiste üksikosakesi avastab juba tavaline mikroskoop. Siia kuuluvad ka suspensoid ja emulsoid. Molekulaar-e. ioondispers on ehtne (homogeenne, ühtlik) lahus (näit. keedusoola-, suhkrulahus), kus üksikosade suurus on üliväike (10,1—1 mμ).

Piim näiteks on jämedispers-arend, emulsoid, mille

üksikosakeste läbimõõt ulatub ligikaudu 3 μ-ni. Kui mehaanilisel teel need üksikosakesed (s. o. rasvakuulikesed) peenendatakse (piima homogeniseerimine), siis siirdub piim jämedispers-seisundist kolloiddispers-seisundisse. Kolloiddispers-moodustise üksikosakesi võib sageli nähtavaks teha ultramikroskoobi abil.

Niihästi kolloid- kui ka jämedispersi üksikosakesed ilmutavad mikroskoobi all vaadatuna nn. Brauni molekulaarliikumist. See nähtus seisneb selles, et kolloidsüsteemi üksikosakesed ilmutavad korratuid, siksakilisi liikumisi.

Reversiibel e. pöörduv on selline kolloidlahus (e. sol), mille jäänuk peale vedelama osa aurumist veega kokku puutudes uuesti sol'iks muutub. Ei toimu aga sellist muutust, siis on kolloidlahus (sol) irreversiibel e. mittepöörduv.

Lüofiilsed e. lahustumislembesed kolloidlahused imavad (absorbeerivad) enestesse või seovad endiga dispersioonivahendit ja sellega seoses on neil omadus tursuda. On kolloidosakestesse võetavaks dispersioonivahendiks vesi, siis on kolloidlahus hüdrofiilne e. veelembene.

Hüdrofiilsete kolloidlahuste hulka kuulub enamik tähtsamaid bioloogilisi lahuseid, nagu seda on tärklise ja paljude valkainete lahused. Hüdrofiilsed kolloidlahused on veest tihkemad ja elektrolüütide (hapete, aluste, soolade) mõju suhtes vähe tundlikud.

Lüofoobsed e. lahustumist hülgavad kolloidlahused ei ima ega seo dispersioonivahendit ega tursu. Elektrolüütide mõjule on hüdrofoobsed kolloidlahused väga tundlikud. Isegi nõrga kontsentratsiooniga (keskustusega) soolalahud võivad neil esile kutsuda koagulatsiooni e. hüübimise (kalgenduse). Veest on lüofoobsed kolloidlahused e. sol'id ainult vähe tihkemad.

Kõik ülaltoodud tunnused iseloomustavad eeskätt kolloidlahuseid e. sol'e. Paljudel kolloidlahuseil, eeskätt aga hüdrofiilseil e. nn. hüdrosol'idel, on võime siirduda

sol-olekust gel-olekusse. Sol'i muutus gel'iks toimub sageli suure kergusega.

Gel'il on suurem viskoossus kui sol'il ja tal puudub Brauni molekulaarliikumine. Pehmeid gel'e võib isegi niitideks välja venitada. Viimane omadus iseloomustab ka elavat protoplasmat. Kuid mitmed füüsikalised omadused (näit. aurude rõhk, juhtivus) on püsivate temperatuuride puhul samased nii gel'il kui ka sol'il.

Enamasti on sol'i muutus gel'iks reversiibel e. pöörduv, s. o. gel võib uuesti muunduda sol'iks. See muundus võib toimuda väga hõlpsasti, näit. gel'i mehaaniliselt raputades (tiksotroopia).

Sageli muutub gel'iks ainult sol'i pindmine osa (näit. valgulahustel, süsivesikutel) ja tekib kolloidi ümbritsev pinnakile. Viimase teke toimub Gibbs'i adsorptsiooni- e. külgeimendumisseaduse järgi, mis seisneb selles, et kolloidarendi pinnale kogunevad just need lahustunud ained, mis arendi pinnapingust vähendavad. Sellised kolloidarendi pinnaosades toimuvad sol-gel'iks muundumised iseloomustavad eeskätt elavat protoplasmat. Neist muundusist olenebki, miks protoplasma ei allu täpselt kõigile kapilaarsusseadusile, mis on maksvad vedelike kohta.

Et hulkrakseil loomil rakkude kui kolloidsete süsteemide välispinnad üheskoos moodustavad hiiglasuure pindala, etendavad sel avaral pindalal toimuvad adsorptsiooni- e. külgeimendumistoimed looma kehas ülitähtsat osa. Adsorptsioon soodustab ka rakupindadel toimuvaid katalüütilisi e. keemiliste reaktsioonide kiirust reguleerivaid toimeid, nn. pinnakatalüüsi.

Rakkude protoplasma kui kolloidsüsteemi adsorptsioonitoimed hõlbustavad ka rakule kui elementaarsele organismile omast auto- e. eneseregulatsiooni. Kui mingi rike raku tegevust häirib, tekib rakus asjaomane vastutoime, mis riket mahendab. Sellise vastureaktsiooni reguleerimiseks on adsorptsiooni puhul tekkivad vallalised (labiilsed) keemilised ühendid hoopis sobivamad

kui need, mis esinevad tavalisil mittepöörduvail (irreversiibleil) keemilisil toimeil.

Ühes adsorptsiooniga (külgeimendumisega) etendab raku elus tähtsat osa ta gel-olekus olevate kolloidide t u r s u m i n e. On tõenäoline, et tursumist põhjustab veekiht, mida gel-olekus oleva kolloidi üksikosakesed oma pinnale adsorbeerivad. Asjaomaste rakukolloidide vahelduval tursumisel ja ahendumisel põhinebki nähtavasti raku l i i k u m i s t o i m e (kulendite, viburite, ripsmete, müofibrillide e. lihaskiukeste liikumine).

Kolloidide tursumise ja hüübimisega (kalgendumisega) seotud protsessides etendavad tähtsat osa anorgaaniliste soolade (elektrolüütide) ioonid (s. o. molekulide osad), niihästi positiivse elektrilaenguga k a t i o o n i d (Li, Na, K) kui ka negatiivse laenguga a n i o o n i d (SO_4, Cl, Br). Nii katioonid kui ka anioonid võib korrastada nende l ü o t r o o p s e e. l a h u s t a v a kui ka s a d e s t a v a mõju tõhususe alusel seaduspärasesse ritta. Need read kannavad l ü o t r o o p s e t e e. H o f m e i s t e r'i ridade nime.

Katioonide lüotroopne rida: Li > Na > K.

Anioonide lüotroopne rida: SO_4 > Cl > Br > J > SCN.

Katioonide rida näiteks tuleb tõlgitseda nii: Li lüotroopne (lahustav) mõju kolloididele on suurem Na omast ja Na oma on suurem K omast. Et samad lüotroopsed read esinevad ka siis, kui elavaid kudesid ja rakke mõjustatakse vastavate soolaioonidega, tuleb oletada, et samased lüotroopsed pinnareaktsioonid esinevad ka siin.

Ka see, et looma keha morfoloogilised struktuurid (koetised) on p ü s i v a d, ehkki neis toimuvad alatasa keemilised, füüsikalised ja füsioloogilised muutused, on seoses mainitud struktuuride kolloidse iseloomuga, eeskätt aga neis esinevate gel'idega. Need gel'id ei sisaldu elusolluses mitte ainult amorfsete, vaid ka kristalliinsete moodustistena. Siia kuuluvad varemalt kirjeldatud m i t s e l l i d, kepjad kristalli tunnustega osakesed, millest koosnevad näi-

teks sidekoe-fibrillid (-kiukesed), lihaskiukesed (e. müofibrillid) jne.

Protoplasma osmootilised omadused. Loomalised rakud kui protoplasmatombukesed suhtuvad neid ümbritsevaisse vedelikesse (algloomad veesse, koerakud ja parasiitsed algloomad koemahlasse või vereplasmasse) nii, nagu koosneksid nad vedelikust, mida ümbritseb semipermeaabel membraan e. poolläbilaskev kile. Poolläbilaskev kile on arend, mille pooride (urvete) kaudu ühed ained (näit. vesi) kiiremini läbi pääsevad kui teised (näit. vees lahustatud sool). Selliseks poolläbilaskvaks kileks on rakule ta pinnapoolne protoplasmakiht, protoplasmakile ja rakukest, kui see esineb. Nende poolläbilaskvate kiledena talitlevate rakuosade kaudu difundeerivad (seitivad) vesi ja ses lahustatud ained raku protoplasmasse (endosmoos e. sisseimbumine) ja protoplasmast välja tagasi (eksosmoos e. väljaimbumine).

Teatavasti oleneb vedeliku osmootne rõhk ta molekulaarsest kontsentratsioonist, s. o. vedelikus lahustatud aine molekulide (resp. ioonide) arvust. Muutub rakku ümbritseva vedeliku molekulaarne kontsentratsioon suuremaks (hüpertooniline e. ülepingeline lahus), siis difundeerib vesi protoplasmast ümbruskonda; muutub aga ümbruskonna molekulaarne kontsentratsioon (e. osmootne rõhk) vähemaks kui see on protoplasmas (hüpotooniline e. alapingeline lahus), siis seitib vesi ümbruskonnast protoplasmasse. Üldse on raku protoplasmal tung tasakaalustada temas valitsevat osmootset rõhku ümbruskonna osmootse rõhuga (isotoonilised e. samapingelised lahused).

Kuid rakukeha väliskihi semipermeaablust e. poolläbilaskvust ei tõesta mitte ainult osmootne vee liikumine rakku ja rakust välja, vaid ka see, et protoplasma endale vajalikke aineid ümbruskonnast valib ja neid kinni hoiab. Isegi hõlpsasti difundeeruvad soolad esinevad rakkude protoplasmas hoopis teises hulgavahe-

korras kui rakke ümbritsevais vedelikes. Raku toiduhankimine ümbruskonnast ja ainevahetuste tekiste eemaldamine rakust on eriline selektiivne füsioloogiline toime ega põhine ainult rakusisese ja rakuvälise osmootse rõhu tasakaalustumisel.

Poolläbilaskva kilena talitleva rakukeha väliskihi tõttu vabaneb rakk teatava määrani ümbruskonna mõjust ja elab oma iseseisvat elu.

Protoplasma optilised omadused. Puhas, metaplasmalisist moodustisist (pigmendi- ja rebuteradest, rasvatilkadest jne.) vaba protoplasma on tavaliselt värvitu, hall, nagu vesi. Õhukeses kihis on ta läbipaistev, paksus läbipaistmatu. Valgust murrab protoplasma pisut tugevamini kui vesi. Kuna tavaline protoplasma murrab valgust lihilt, on mõned euplasmalised protoplasmaeristised kaksikmurdvad. Nad lahutavad neisse tungiva valguskiire kaheks, millest kumbki osa õõtsub eri tasapinnas ja kulgeb eri kiirusega.

Selliste valgust kaksikmurdvate protoplasmaarendite kilda kuuluvad eeskätt mitmesugused kiukeseliselt eristunud arendid, nagu sidekoe kollageensed ja elastilised kiukesed, müofibrillid (lihaskiukesed), infusooride müofaanid, viburrakkude viburite, virverakkude ripsmete telgniidid, päikeseliste kulendite telgosad jne. Kõik need moodustised on positiivselt või negatiivselt kaksikmurdvad nende optilise telje ühtides kiukeste jne. pikiteljega. Need kaksikmurduvuse-nähtused seletuvad sellega, et antud arendid koosnevad korrapäraselt paigustatud kristaljaist osakesist — mitsellidest (e. submikroonest).

Rakutuum (*nucleus, caryon*). Kujult on rakutuum tavaliselt kerajas või munajas (joon. 1, N). Aga esineb ka kepjaid, kaarjaid, lookjaid, võrujaid, keskelt õhema ja otstes jämedama pulgakese kujulisi, helmes(pärli-)nöörjaid, sagarjaid (ka polümorfseid e. mitmekujulisi) (joon. 2, b; joon. 3, b) või haralisi vorme.

Tuuma suurus on erinevais rakuliikides erisugune. Inimese koemahlas ja veres leiame nn. ainutuumalisi lüm-

fotsüüte (eriline vere valgelible liik), mil suhteliselt suurt tuuma ümbritseb vaid õhuke kiht tsütoplasmat. Ristivöödilisis lihasrakkudes on tuumad (mida siin üks rakk sisaldab mitu) raku suurusega võrreldes väga väikesed.

Tuumade arv. Harilikult sisaldub rakus üksainus tuum. Aga esineb ka kahe- või mitmetuumalisi rakke. Sel korral on tuumad suuruselt ja ehituselt kas ühte laadi või erinevad. Nii erineb ripsinfusooridel (*Ciliata*) suurtuum e. makronukleus ehituselt ja talitluselt pisituumast e. mikronukleusest, mida võib olla üks või mitu.

Võib tähele panna, et rakud ürgselt sisaldavad üheainsa tuuma. Hulktuumalised rakud tekivad neist kas ainsa tuuma pooldumisil pooldumata rakukehas — plasmoodium algloomil (juurjalgseil, kiirelisil), või hulktuumalised rakud kujunevad ainutuumaliste rakkude ühteliitumisel. Nii tekib laatrakustik e. süntsüütsium (*syncytium*), näit. vöötlihasrakkude tekkimisel.

Tuuma ehitus. Tuumaplasma e. karüoplasma on rakukeha-plasmast e. tsütoplasmast tavaliselt eraldatud terava piiriga. On ka rakke, kus tuuma katab selgesti eristunud tuumakest e. karüoteek (joon. 1, Kt). Tuumakesta leiame peamiselt neis rakkudes, kus tuumasisu on võrdlemisi vedel. Tuumakesta koostav aine kannab amfipüreniini nime.

Tuumake (*nucleolus*). Enamikus rakkudes leiame tuumas ühe või mitu tuumakest. Tuumakesed on harilikult ümmarikud ja suuruselt mitmesugused. Nad koosnevad tavaliselt veniv-vedelast või jäikjastarteljast ainest. Nad on happelembesed e. atsidofiilsed, värvudes hõlpsasti hapudest aniliinvärvidest.

Muu tuumaplasma elavas rakus paistab mikroskoobilisel vaatlusel kas täiesti ühtlikuna, optiliselt homogeensena, või selles esinevad peenemad või jämedamad sõmerad, kiukesed, haralised niidikesed.

Ultramikroskoop avastab tuumaplasmas sageli elavas, tantsisklevas liikumises, nn. Brauni moleku-

laarliikumises viibivaid osakesi — mitselle e. submikroone. Polarisatsioonmikroskoobis osutuvad need mitsellid elusolluse pihukesiks, mis on valguskiirte suhtes negatiivselt üheteljelised ja kaksikmurdvad. See tähendab, et mitsellidel on kristaljas anisotroopne struktuur, mis põhjustab nendesse sattunud valguskiire lahutuse korrapäraseks ja mittekorrapäraseks kiireks, millest mittekorrapärase kiire levimiskiirus on suurem.

Surnud, histoloogiliste reaktiividega kinnistatud ehk fikseeritud rakkudes tulevad tuumades peaaegu alati esile sõmerjad, vahulised või võrkjad koetised. Kogunimega kutsutakse kõiki neid koetisi tuumasarraks e. karüomitoomiks.

Sageli oleneb tuumasarra laad ja tihedus kinnistajast e. fiksaatorist, millega surmatakse uuritavaid rakke või kudesid enne uurimist. Et aga protoplasma fiksaatorid (formaliin, alkohol, sublimaat ja muude soolade lahud, happed) ka eluta ühtlikes (homogeenseis) kolloidaineis tekitavad mitmesuguseid kalgendumis-, hüübimis- (koagulatsiooni-) koetisi, siis on võimalik, et mitmed histoloogiliselt avastatud tuumastruktuurid on kunstmoodustised, artefaktid (s. o. pole elavas rakus ennakmoodustatud, preformeeritud).

Keemiliste ainetega kinnistatud ja histoloogiliste värvidega eristatud (diferentseeritud) tuumaplasmat kujutellakse tavaliselt kui tuumakestast piiratud võrkmikku (*reticulum*), mille niitide vahed, silmad on täidetud vedelama ainega — tuumamahlaga e. karüolümfiga.

Võrkmiku niidid koosnevad vähevärvuvast ainest — liniinist e. plastiinist. Liniinivõrkmiku sõlmedes ja niitides asetsevad vähemad või suuremad hästivärvuvad sõmerad — kromatiiniterad e. rakutuuma värvustuva osa terad. Kromatiiniterad värvuvad hästi karmiinist, hematoksüliinist ja aluselisist aniliinvär-

videst, olles seega aluselembesed e. basofiilsed.

Mõnikord (näit. juurjalgseil) võib kogu kromatiin tuumas esineda tuumakese laadi suurema tervikulise kogumikuna.

Selliseid kromatiinist koosnevaid tuumakesi meenutavaid moodustisi nimetatakse karüosoomideks e. tuumakehakesiks (ka ebatuumakesiks, *pseudonucleoli*), vastandina tuumakesile e. plasmosoomidele (plasmakehakesile) (joon. 1, Ks, Ps).

Plasmosoomid ja karüosoomid võivad esineda ühel ajal samas tuumas kas üksteisest lahus või liitunult üheks tervikuks, nn. kaksiktuumakeseks e. amfinukleuseks.

Bütschli järgi on tuumaplasmal samuti kui tsütoplasmalgi alveolaarne, vahuline koetis. Alveoolide e. sompude (põiekeste) seinad on liniinist, sisu aga enküleemist — tuumamahlast e. karüolümfist. Kromatiiniterad aga asetsevad alveoolide vahel.

Heidenhaini järgi koosneb karüoplasma teradest. Ühed neist teradest on aluselisi aniliinvärve armastavad baasikromatiiniterad, teised aga hapude aniliinvärvidega värvuvad oksükromatiiniterad. Baasikromatiiniterad on vosvoririkkamad ja paigustuvad liniinivõrkmikku moodustavate niitide kromatiinaines. Oksükromatiiniterad on valgurikkamad ja asetsevad niihästi kromatiinses kui ka akromatiinses rakuaines — liniinis ja tuumamahlas (joon. 1, Bk, Ok).

Nagu tuumake (plasmosoom), nii värvuvad ka tuumakest, liniin ja tuumamahl hapude aniliinvärvidega. Nad on atsidofiilsed e. happelembesed. Et nende värvumistung on kromatiini omast hoopis nõrgem, siis moodustavad nad tuuma akromaatiliste e. värvustumatute osade rühma.

Karüomeerid ja kromosoomide individualiteet. Boveri järgi koosnevad rakutuumad enam või vähem selgesti üks-

teisest eraldatavaist põiekesist — karüomeeridest e. tuuma põisosiseist. Karüomeerid on homoloogsed (samandilised) raku kaudpooldumisel esinevate kromosoomidega e. tuumalajudega.

Boveri oletust toetavad mõned tähelepanekud, kus tuumalajud karüokineesi (kaudpooldumise) lõppastmel (telofaasis) tõesti muunduvad põisjaiks moodustisiks.

Puhkavais, s. o. mitte kaudpooldumisel olevais tuumades võivad karüomeerid kas üksteisega ühte sulada või jääda üksteisest eraldatuks.

Karüokineesi eelastmel (profaasis) aga tekib igast karüomeerist uus kromosoom.

Karüomeeride oletusele rajaneb kromosoomide individualiteedi e. tuumalajude isendilisuse teooria. Selle teooria kohaselt on iga kromosoom omaette indiviid, tekkides vormisamasest eellasest ja soetades pooldumisel enesesarnaseid järglasi.

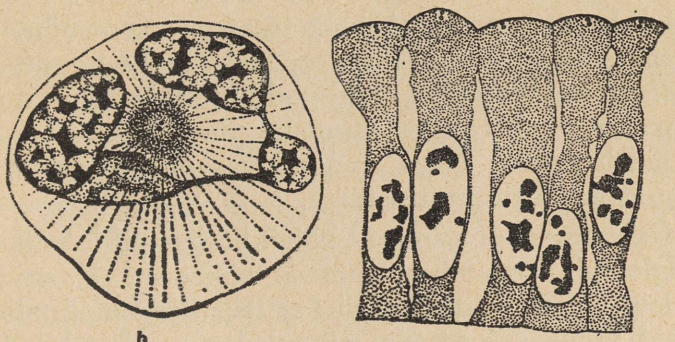
Rakukese e. **tsütotsentrum** on tähtis raku elund (organell) ning esineb nähtavasti kõigil hulkrakseil ja ka paljudel ainurakseil loomil (joon. 1, T, D; joon. 2). Sageli kutsutakse rakukeset ka keskmeaparaadiks e. keskmeseadiseks ja mikrotsentrumiks e. pisikeskmeks ehk lihtsalt tsentrosoomiks e. keskmekehakeseks.

Rakukeskme püsikestvamaid ja olulisemaid osi on keskmetera e. tsentriool. Keskmetera on tilluke sõmerjas või kepjas protoplasma-arend. Sageli on neid kaks kõrvuti, mis puhul nad kannavad kaksiktera e. diplosoomi nime. Üksikuil korril on keskmeteri ühes rakus palju (kuni 100). Sellist keskmeterade kogumikku võib nimetada polüsoomiks e. hulgiteraks (joon. 1, D).

Keskmetera ümbritseb tavaliselt ühtlikust (homogeensest) või jälle lihtsama või keerulisema koetisega tsütoplasmast põisjas moodustis. On viimane väike ja ümmarik, kutsutakse seda keskmekehakeseks e. tsentrosoomiks. On ta aga suurem, siis kannab ta kera

e. sfääri e. keskmekera e. tsentrosfääri (ka tsentroplasmakera e. arhoplasma e. arhiplasma) nime.

Kera on kutsutud ka atraktsioonisfääriks e. tõmbekeraks (tõmbeväljaks), periplastiks, idiosoomiks, tsentroteegiks e. raku-keskme-katteks (joon. 2, b).



Joon. 2. Tsütotsentrumid e. rakukeskmed puhkavais rakkudes. a — epiteelrakud pardi eessoolest, diplosoom e. kaksikkeha raku välisotsas; b — salamandri vere valgelible (leukotsüüt): diplosoomi ümbritseb hele tsentrosoom e. keskmekehake (arhoplasma) ja viimast astrosfäär e. kiirkera (kiirkond).

Rakukeskmest võib väljuda peentest protoplasmakiirtest koosnev pärgjas kiirkond e. kiirkera e. astrosfäär. Astrosfäär ümbritseb tsentriooli sisaldavat tsentrosoomi nagu kiired päikest. On astrosfäär eriti tugevasti välja arenenud, kannab ta ka asteri e. tähe (kiirte pärja, kiirte krooni) nime.

Kaudpooldumisel (vt. karüokinees) olevais rakkudes on astrosfäär tavaline nähtus, kuid ka puhkavais rakkudes on ta sagedane.

Rakukeskme harilikumaks asupaigaks on rakukeha e. tsütosoom. Enamasti asetseb ta tuuma naabruses, harvemini tuumast kaugel. Mõnikord paigustub ta tuuma lohukeses. Mõnel algloomal ja üksikul hulkraksel sisaldub see tuumas.

Mõnel algloomal esineb rakukese ebaselgelt piiratud protoplasmatihendusena, milles siiani pole leitud tsentriooli.

Rakukese võib kasvada ja pooldudes sigida. Seejuures pooldub esmalt tsentriool e. keskmetera, omandades otstes jämeda, keskel õhukese arendi kuju. Õhukest, niitjat osa otsmiste jämendite vahel nimetatakse tsentrodesmoosiks e. keskmenidemeks. Hiljem pooldub ka tsentrosoom kaheks tütartsentrosoomiks. Kuid tütarastrosfäärid e. kiirkerad ei teki tavaliselt mitte emaastrosfääri pooldumisest, vaid nad kujunevad kui uudisarendid iseseisvalt eristumata protoplasmast. Sageli võib tähele panna vanas, moonduvas emaastrosfääris äsja tekkinud noori tütarastrosfääre.

Rakukeskmed esinevad kõigil kõrgemail loomil, paljudel algloomil ja enamikul alamaist taimedest. Et neid siiani pole leitud kõigil elusolendeil (näiteks kõrgemail taimil) ja et neid mõnede loomade tsütoplasmas võib tekitada isegi kunstlikult (*de novo*), siis ei pea mõned uurijad rakukeset mitte nii paratamatuks rakuosiseks kui tuuma.

Kunstlikke (eksperimentaalseid) rakukeskmeid võib soetada näiteks merisiilikumunade tsütoplasmas, mõjustades neid teguritega (näit. hüpertooniliste soolalahustega, rasvahapetega, süsihappegaasiga jne.), mis esile kutsuvad munade partenogeneetilist arenemist. Sageli tekib siis koraga mitu kiirkonnaga varustatud tsütotsentrumit, nn. kiiritusfiguuri e. tsütastrit. Uued tsütotsentrumid tekivad siin kas uudisarendeina tuumast või juba olemasolevate rakukeskmete paljunemisest.

Eriomaseks histoloogiliseks värvaineks, mille abil on võimalik avastada rakkudes tsütotsentrumeid, on Heidenhaini rauahematoksüliin, kristallviolett ja mõned teised. Nende abil on võimalik vahet teha kiiritusfiguuride (tsütastrite) seas ehtsate eksperimentaalsete rakukeskmete ja kunstmoodustiste (artefaktide) vahel, mis pole rakukeskmed, vaid mis tekivad osmootiliste protsesside tulemusina soolade lahuse imbumisel tsütoplasmasse.

Mis puutub rakukeskme füsioloogilisse tähtsusesse raku elus, siis on tal kahtlemata sooritada olulisi ülesandeid raku sigimisel (vt. karüokinees). Korrastava talitluse alusel, mis rakukeskmel on rakkude kaudpooldumisel (karüokineesil), nimetas Boveri tsütotsentrumit raku d ü n a a m i l i s e k s k e s k u s e k s. On ilmne, et rakukese etendab suurt osa karüokineesis esinevais struktuuriliste eristumistega seotud morfoloogilistes protsessides.

Kuid oletatavasti on rakukeskmel peale mainitud ülesande veel muid. Nii näiteks esineb Purkinje rakkudes nähtavasti püsikestvalt kaks keskmetera, mida ümbritseb kiirjalt korrastatud lainjaist kiukesist tähelaadne arend. Et Purkinje rakkudel kui eristunud närvikoerakkudel puudub paljunemisvõime, siis peab rakukeskmel olema siin muu ülesanne kui ainult olla teguriks karüokineesi-(kaudpooldumis-)toimes.

Rakukese näib olevat sageli tulipunktiks, mille ümber koonduvad mõned teised vormistatud rakukeha-osised, nagu Golgi kehakesed, kondriosoomid (rakupihud) jne.

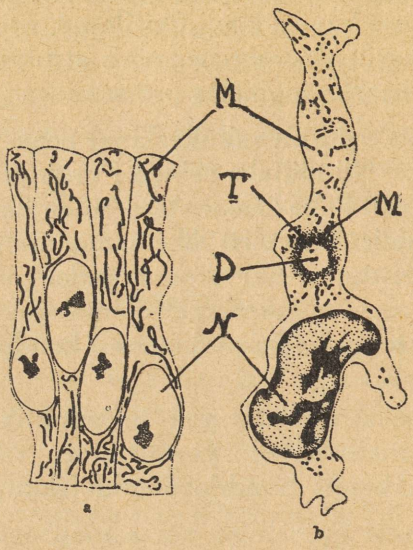
Munarakkude arenemise varasemail astmeil on rakukese keskuseks, mille ümber koondub rebu.

Sugurakkude valmimistoime varasemas järgus asetsevad rakukeskmed tuuma selle naba läheduses, kuhu suunduvad kromosoominiidikesed (buketistaadium) (vt. sugurakkude valmimine — sünapsis). Selle tähelepaneku alusel võib oletada, et rakukese mingit osa etendab lajuühte (sünapsise) järgus toimuvas kromosoomide konjugatsioonis e. tuumalajude paarumises.

Seemneniitidel, käsnade kaelusrakkudel ja paljudel viburloomil võib keskmetera (tsentriool) sageli talitella kui viburi a l u s t e r a, millest kasvab välja viburi või ripsme telgniit (e. aksiaalne filament).

Rakupihud e. k o n d r i o s o o m i d kui erilised eu-(allo-)plasmaatilised protoplasmakoetised esinevad peaaegu kõigis niihästi taimelisis kui ka loomalisis rakkudes. Nende asukohaks on rakukeha e. tsütosoom (joon. 1, K).

Kujult meenutavad nad kas väikesi sõmeraid, terakesi, kuulikesi — sõmerpihud e. mitokondrid, või kepikesi, niidikesi — kiudpihud e. kondriokondid), või mitmesuguseid vahevorme sõmerate ja kiudude vahel (joon. 3).



Joon. 3. Kondriosoomid e. rakupihud. a — epiteelrakud kanapoja loote soolest; enamik rakukehas olevaist kondriosoomidest esineb kepikesi või niidikesi meenutavate kondriokontide ehk kiudpihudena; b — salamandri vastse vere valgelible (leukotsüüt) kulgemisel; kondriosoomid on osalt terakesekujulised mitokondrid e. sõmerpihud, osalt kepikeste- ja niidikestekujulised kondriokondid e. kiudpihud; osa kondriosoome on koondunud tsütotsentrumi e. rakukeskme ümber; tsütotsentrum koosneb diplosoomist e. kaksikterast (joonisel must) ja seda ümbritsevast tsentrosoomist e. keskmekehakesest (joonisel valge) e. arhoplasmast; rakutuum on suur ja polümorfne e. mitmekujuline; M — kondriosoomid e. rakupihud; D — diplosoom e. kaksiktera; T — tsentrosoom e. keskmekehake.

Vähem sageli asetsevad sõmerad ridastikku üksteise küljes, moodustades pärlinöörjaid paaterpihusid e. kondriomiite.

Teatavail kordadel koonduvad või paisuvad rakupihud massiivsemaiks ümmarikeks kerapihudeks e. kondriosfäärideks või üheksainsaks suuremaks kerajaks (nn. kõrvaltuumaks — Nebenkern) või võrujaks kehaks.

Rakupihud võivad oma kuju ja asukohta rakukehas muuta. Sõmerad võivad liituda ahelaiks ja viimased välja venida niitideks. Niidid võivad astuda üksteisega ühendusse ja moodustada võrke. Võrgud omasoodu võivad uuesti ära laguneda niidikesiks, kepikesiks, lingudeks, võrudeks.

Tavalisemalt aga tekivad niidid e. kiudpihud (kondriokondid) sõmerpihudest (mitokondritest) viimaste välja venides.

Keemiliselt koosnevad rakupihud peamiselt vosvorrasvandeist e. fosfolipoididest ja valkaineist, meenutades seega fosfatiide (näit. letsitiini).

Kondriosoomid e. rakupihud lahustuvad mitmesugusel määral lahjas äädikhappes, alkoholis, eetris, kloroformis, atsetoonis ja muis rasva lahustavais aineis.

Osmiumhappe mõjul värvuvad nad enamvähem mustaks. Värvidest tarvitatakse nende avastamiseks kõige sagedamini rauahematoksüliini, kristallvioletti ja hapufuksiini. Elavais rakkudes võib neid avastada B-jaanusrohelisega.

Kondriosoomid etendavad tähtsat osa sugurakkude (seemneniitide) kujunemistoimes.

Paljude uurijate arvates võivad rakupihud iseseisvalt kasvada ja poolduda sigida.

Tavalisel raku kaudpooldumisel e. karüokineesil jaotatakse kondriosoomide kogu peaaegu võrdselt mõlema tütarraku vahel. Seda toimet kutsutakse rakupihustiku pooldumiseks e. kondriokineesiks.

Kondriosoome peetakse sugemeiks, millest arenevad rakkude allo- e. euplasmaatilised osad, nagu plastiidid (näit. taimeraku klorofülliterad) ja mitmesugused kiukesed — närvikiukesed (neurofibrillid), lihaskiukesed (müofibrillid) ning sõmerad — nõret soetavad tsümogeeniterad.

Kuid ka rakkude metaplasmaatilised, surnud osised, nagu rebu- ja glükogeeni- (loomalise tärklise) terad, rasva- ja õlitilgakesed, värvise-(pigmendi-)terakesed jne. tekivad nähtavasti rakupihudest.

Et rakupihud etendavad tähtsat osa seemneniidi tekkimisel, pidasid mõned uurijaist (Benda) neid kokkutõmbe- e. kontraktsioonivõimelisiks ja liikumistalitluse sooritajaiks. Aga uuemal ajal ei pooldata seda vaadet, samuti ka Koltsovi väidet, nagu talitleks kondriosoomid rakutoesena.

Viimaseil aegadel on poolehoidu leidnud oletus, et kondriosoomid on raku keemilise tegevuse keskusiks. Nagu plastiididki valivat nad protoplasmast vastavaid keemilisi osiseid ja töötavat need ümber. Seepärast nimetatakse neid ka valikupihukesiks e. elektosoomideks.

Mõned uurijad (Held, Duisberg jt.) peavad kondriosoome pärilikkuse kandjaiks.

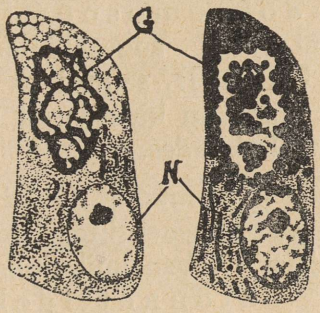
Mis puutub kondriosoomide päritolusse, siis peab enamik uurijaist neid ürgselt tsütoplasmaga seotud moodustiseks. Goldschmidt aga oletab, et kondriosoomid võivad tekkida nn. kromiididest, s. o. tuumast tsütoplasmasse sattunud kromatiiniteradest.

Kondriosoomid moodustavad tähtsa osa rakkude tsütoplasmas laialt esinevaist teradest, nn. mikrosoomidest e. pisisõmeraist. Mikrosoomid on omavahel harilikult peente kiukeste varal seotud ja esinevad nähtavasti protoplasma peenkoetise põhiliste ühikutena. Sageli nimetatakse mikrosoome ka plasmosoomeks, millist mõistet ei tule ära vahetada raku-(päris-)tuumakesega, mis ka plasmosoomi nime kannab.

Golgi aparaat (Golgi keha, tsentropegma, diktüosoomid, Golgi sisemine võrkaparaat, kanalite süsteem, Holmgreni trofospongium). Golgi aparaati leiame paljudel hulkrakseil loomil ja üksikuil algloomil (näit. karieoselisil).

Osmiumhappest värvuvad Golgi aparaadi osised mustaks nagu kondriosoomidki, aga hoopis tõhusamalt. Ka lahustuvad nad lahjas äädikhappes ja muis lipoide e. rasvandeid lahustavais vahendeis. Selles suhtes käituvad nad kondriosoome meenutades, nagu letsitiinühendid. On võimalik, et nad koosnevad letsitiinalbumiinist.

Parimaks Golgi aparaadi avastamise meetodiks rakkudes on viimaste fiksatsioon (kinnistus) pisut või mitte sugugi äädikhapet sisaldavate fiksaatoritega (kinnistajatega) ja imbsetitamine (impregnatsioon) metalse hõbeda ja osmiumiga.



Joon. 4. Golgi aparaat merisea kõhunäärme (pankrease) rakkudes. Nii a-s kui ka b-s on Golgi aparaat paigustatud (lokaliseeritud) seisundis, s. o. ta esineb sisemise võrkaparaadina (*apparato reticolare interno Golgi*); a — Golgi aparaat, olles imbsetitatud (impregneeritud) osmiumtetroksüüdiga (OsO_4), esineb mustana; b — sama rakk peale pleegitamist ja värvimist rauahematoksüliiniga; siin meenutab Golgi aparaat (joonisel valge) intratsellulaarset e. rakusisemist kanalite süsteemi, s. o. Holmgreni trofospongiumi e. toitumisvõrkmikku; G — Golgi aparaat; N — rakutuum.

Golgi aparaat võib esineda rakkudes kahel kujul — lokaliseeritud e. paigustatud ja difuussel e. hajusal kujul (joon. 1, Ga; joon. 4).

Paigustatud Golgi aparaat on võrkjas moodustis, olles kokku põimitud looklevaist, sõlmilisist (varikoosseist) kiukesist. Sellises seisundis kutsutakse Golgi aparaati sisemiseks võrkaparaadiks (*apparato reticolare nterno Golgi*). Nooris rakkudes ja sageli ka vanades asetseb see moodustis tavaliselt tuuma naabruses ja ümbritseb

mõnel juhul isegi tuuma. Epiteelkoe-rakkudes (ka näärmerakkudes) paigustub Golgi aparaat enamasti sel tuumaküljel, mis on suunatud väljapoole. Lamedais, lestjais rakkudes aga asetseb ta tuuma kõrval.

Paigustatud seisundis ümbritseb Golgi aparaat sageli tsentrioole (keskmeteri).

On väga tõenäoline, et puhkeseisundis oleva raku kera (sfäär), erikeha (idiosoom), keskmekatis (tsentroteek), ürgplasma kera (arhiplasma sfäär) koosnevad Golgi aparaadi ainest. Golgi aparaadi ollusest koosnevad vist ka eba-tuumalajud (e. pseudokromosoomid), mis moodustavad Heidenhaini järgi sugurakkude keskkihnu (e. tsentraalkapsli), samuti ka keskmekorv (tsentroformium), mida on kirjeldatud (Ballowitz) silma destsemeetkile epiteelrakkudes.

Sageli võib tähele panna, et Golgi võrk, s. o. paigustatud Golgi aparaat koosneb ürgselt üksteisest lahusolevaist lestjaist, kepjaist või banaanikujulisist kehadest. Neid kehi kutsutakse batonnettideks (kepikesiks), diktüosoomideks (võrgukehadeks), Golgi kehadeks.

Golgi kehad võivad üksteisest eralduda ja rakukehasse levida, esindades selles seisundis Golgi aparaadi hajusat (difuusset) faasi. Kuna paigustatud Golgi aparaadid esinevad tavaliselt nii noore kui ka täisealise looma rakkudes, leiame neid hajusas seisundis püsivat peamiselt nooris, loote rakkudes.

Hajusas faasis esineb Golgi aparaat korratult rakukehasse laialipaisatud sõmerate, kõverate kepikeste, liistakukeste või võrujate moodustistena. Laushajusale Golgi aparaadile tuleb vaadata kui ürgsemale, algelisemale antud aparaadi vormile, millest paigustatud tüüp hiljem on välja arenenud. Üldiselt aga esindavad Golgi aparaadi mõlemad vormid ühe ja sama koetisarendi kahte ilmeviisi, kahte eri järku.

Holmgren ja rida teisi uurijaid pidasid paigustatud Golgi aparaati (s. o. Golgi aparaati ta võrkjas vormis) vedelikuga täidetud rakusiseste (intratsellulaarsete) kanalite süsteemiks. Kui mõjustada rakke hõbeda või osmiumiga, kalgestub kanalite vedelik ja nad muutuvad umbseiks niitideks. Sel alusel nimetas Holmgren Golgi aparaati kanalite süsteemiks.

Holmgreni oletuse järgi tekib kanalite süsteem sel teel, et naaberrakkudest, nn. trofotsüütidest e. toitumisrakkudest kasvavad harud antud raku kehasse. Need harud on algul umbsed, aga hiljem nad kublistuvad (vakuoliseeruvad), muutudes lõpuks õõnsaiks kanaleiks. Kõik kanalid üheskoos moodustavad rakukeha läbiva, välismaailmaga ühestuses oleva võrkmiku (joon. 4, b).

Holmgren pidas seda rakusiseseist kanaleist võrkmikku raku toitumiselundiks ja nimetas seda seepärast trofospongiumiks e. toitumisvõrkmikuks. Seega tähendasid Holmgreni järgi nimetused „Golgi aparaat", „kanalite süsteem" ja „trofospongium" ühte ja sama asja.

Hiljem aga selgus (Duesberg), et Golgi aparaat ühelt poolt ja kanalite süsteem e. trofospongium teiselt poolt on kaks hoopis erinevat moodustist. Golgi aparaat on rakusisene arend, mil puudub igasugune side välismaailmaga. Kanalite süsteem e. trofospongium aga tekib, nagu äsja nägime, rakku ümbritsevate trofotsüütide (toitumisrakkude) harude sissekasvamisel antud raku kehasse, põhjustades seega hiljem tekkivate kanalite ühestumist välismaailmaga. Hästiarenenud trofospongiume leitakse närvirakkudes.

Ehkki mõned uurijad (Cahal, Bensley) vaatavad nagu Holmgrengi Golgi aparaadile kui lipoide (rasvandeid) sisaldavaile rakusiseseile kanaleile, pole nad leidnud mingit ühestust kanalite ja välismaailma vahel ega ka trofotsüüte e. toitumisrakke, mille harudest need kanalid oleksid võinud tekkida.

Pole kindlasti teada, kas on Golgi kehad raku alatised, püsikestvad moodustised ja kas nad võivad iseseisvalt kasvada ning sigida. Kuid tähelepanekud Golgi aparaadi käitumise kohta raku kaudpooldumisel (karüokineesis) kõnelevad selle püsikestvuse kasuks.

Golgi aparaadi jaotumist raku pooldumisel kahe tütarraku vahel kutsutakse diktüokineesiks e. võrkmiku-pooldumiseks. Diktüokineesi tulemusena jaotatakse kõik Golgi aparaadi elemendid (Golgi kehad e. diktüosoomid) ligikaudu võrdselt mõlema tütarraku vahel.

Golgi aparaadi füsioloogilise ülesande kohta on teada veel vähem kui kondriosoomide talitluse kohta. On tähele pandud, et Golgi aparaat etendab tähtsat osa seemneniitide arenemistoimes. Nimelt võtab ta osa kui nn. sfäär e. idiosoom seemneniidi pea eesotsa — akrosoomi e. tippkeha (ka perforatooriumi e. noka) tekkimisest.

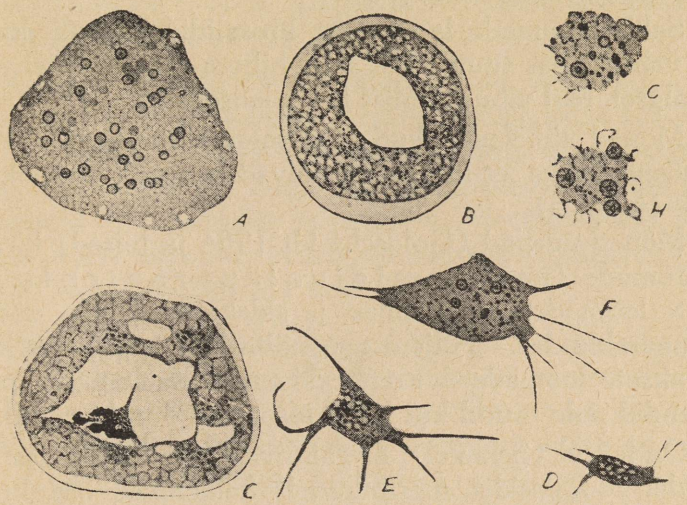
On võimalik, et Golgi aparaat on tegev ka seemneniidi kaela kujunemisel. Ühtlasi on kindlaks tehtud tähtis osa, mida Golgi aparaat etendab nõretekke- e. sümogeeniterakeste kujunemisel näärmerakkudes. Sümogeeniterakesed tekivad tihedas kokkupuutes Golgi aparaadiga või selle võrkmiku silmis, kust nad hiljem vabanevad tsütoplasmasse.

On tõenäoline, et Golgi aparaadi elemendid on tegevad ka tsütoplasmas leiduvate rebuterakeste tekkimisel. Et aga Golgi aparaat esineb peale näärme-, sugu- ja looterakkude ka närvi-, lihas- ja sidekoerakkudes, siis peab tal olema täita peale mainitud talitluste veel teine, laiem ülesanne raku elus.

Golgi aparaati ei tule ära vahetada kondriosoomidega, mis samuti võivad koonduda rakukeskme (tsütotsentrumi) ümber. Aga viimasel juhul asetsevad kondriosoomid piirdepoolsemalt kui Golgi aparaadi elemendid, s. o. Golgi kehad e. diktüosoomid, ja on teisiti korrastatud kui need.

Kromiidid on pisikesed aluselembesed e. basifiilsed, s. o. aluseliste värvidega (safraniin, gentsiaanviolett, hematoksüliin) värvuvad tsütoplasmas asetsevad sõmerjad keha-

kesed. Esimesena avastati (R. Hertwig 1902) neid juurjalgseil (päikeselisil) ja leiti, et nad tekivad tuumast (või tuumadest).



Joon. 5. Juurjalgse *Arachnula* kromiidid ja tuumad. A — entsüsteeruma (ümmistuma) hakkav loom hulga tuumadega (joonisel hallid põiekesed, mõned musta täpikesega), kuid ilma kromiididideta; B — entsüsteerunud loom suure kubliku e. vakuooliga (joonisel valge); tuumad on laostunud kromiididideks (joonisel peened mustad sõmerad); C — emarakus hakkavad (endogeenselt e. seestekkeselt) kujunema tütarrakud; igasse tütarrakku koondub koguke kromiide; D ja E — kromiididega tütarrakud, mis äsja on vabanenud emaraku kestast e. tsüstist; F — vanem tütarrakk, mil kromiididest on kujunenud 3 tuuma (musta täpiga hallid põied); G — kromiididest (mustad terad) arenevad tuumad (valvakas ja hall kerake musta täpiga); H — osa täisealise juurjalgse kehast tuumadega (4 halli põiekest) ja kromiididega (mustad terad ja pihukesed).

Päikeloomal (*Actinosphaerium*) laostuvad ta arvurikkad põisjad tuumad looma näljutamisel või ületoitumisel suureks hulgaks kromiididideks. Viimased levivad kõikjal rakukehas, ühinedes sageli võrkjaiks moodustisiks. Kui mõned tuumad jäävad terveks, tekib kromiididest uus tuumaaparaat. Kui aga kõik tuumad laostuvad kromiididideks, siis loom hukkub.

Teisel hulktuumalisel juurjalgsel *Arcella*'l vabastavad tuumad tsütoplasmasse hulga kromiide, jäädes ise pü-

sima. Need kromiidid võivad ühineda hulgaks sekundaarseiks e. teiseseiks tuumadeks, mis tsütoplasmast ümbritsetult kujunevad rakuühtesse astuvaiks (konjugeeruvaiks) seiglasiks.

Sellist tuumade laostumist kromiidideks või kromiidide vabanemist tuumadest leiti hiljem ka mitmel teisel juurjalgsel, real viburloomist ja karieoselisist.

Mõned tähelepanekud (juurjalgsel Arachnula'l) teevad tõenäoliseks, et kromiidid võivad kasvada ja pooldudes sigida (joon. 5).

Mõned uurijad (Goldschmidt 1904 ja teised) kirjeldasid kromiide (nn. kromidiaalaparaate) ka hulkraksete loomade katte-, lihas- ja sidekoerakkudes, näärme- ja munarakkudes. Hiljem aga näitasid teised autorid, et hulkraksete loomade kromidiaalsüsteemi paljud elemendid pole muud kui kondriosoomid e. rakupihud.

On leitud (Schaxel), et valmivais munarakkudes (meduusidel, rõngussidel, meripuradel) heidetakse osa kromatiini tuumast tsütoplasmasse, kus see siis esineb kromiididena. On põhjust oletada (ühes Wilson'i ja Conclin'iga), et selline kromatiini sattumine tuumast tsütoplasmasse, s. o. kromiidide tekkimine on hulkrakseil loomil laialt esinev nähtus ja saadab kõikjal kromosoomide (tuumalajude) tekkimist rakkude kaudpooldumisel (karüokineesis).

Goldschmidt oletab, et kromiididest saab alguse suurem osa rakukeha euplasmaatilisist moodustisist, nagu mitokondrid (sõmerpihud), rebutuum, kõrvaltuum, pseudokromosoomid (eba-tuumalajud), Golgi aparaat jne.

Kromiidide esinemine ja tähtsus hulkrakseil loomil pole siiani veel täiesti selge.

Tuuma ja rakukeha vastastikused talitluselised suhted. Talitluseliste e. funktsionaalsete vahekordade selgituseks tuuma ja rakukeha (tsütosoomi) vahel tarvitatakse kahte meetodit:

1) Merotoomiline meetod, mis seisneb selles, et rakk jaotatakse tuumaga ja tuumata osaks ning jälgitakse nende saatust.

2) Vaadeldakse tuuma asendit ja ehitust selle või teise füsioloogilise töö puhul.

Sobivamaks esemeks merotoomia e. rakutükeldamise varal tuuma ja rakukeha suhtelisi talitlusi eritella on algloomad.

Katsed juurjalgsetega näitavad, et amöboidne liikumine, s. o. kulgemine eriliste muutlikkude rakukehajätkete e. nn. kulendite e. pseudopoodide varal võib toimuda ilma tuumata. Sama tõestavad merotoomilised eksperimendid ka ripsmelise liikumise e. virveliikumise kohta. Isegi ripsmed infusoori kehalt eraldatud ektoplasma (välisplasma) killukesel võivad veel liikuda.

Niihästi infusooride ripsmed kui ka virve-epiteeli rakkude ripsmed kinnituvad ektoplasmas asetsevaile basaal- e. aluskehakesile e. alusterale. Neist basaalkehakesist võib virverakku suunduda kimp peeni kiukesi. Et ergutus ripsmete liikumiseks näib peituvat basaalkehakesis, siis peetakse neid liigutuskeskmeiks e. kinotsentrumeiks. Varemalt samastati need keskmekeha (tsentrosoomi) keskmeteraga e. tsentriooliga, seda enam, et nad värvistuvad samade värvainetega kui viimased. Hiljem aga selgus, et peale basaalkehakeste esinevad virverakkudes ka tsentrioolid. Teiselt poolt on basaalkehakeste laadi moodustisi leitud ka liikumata rakujätkete põhimikuosas.

Merotoomilisist katseist järgneb ühtlasi, et ka kontraktiilsete vakuoolide (tuikekublikute) mäng ei vaja paratamatult tuuma olemasolu.

Üldse näitab merotoomiline eksperiment, et tuumata rakuosad võivad pikemat või lühemat aega sooritada koordineeritud, kooskorrastatud liikumisi. Nagu liikumine, nii pole ka raku ärrituvus, s. o. võime sel või teisel kombel kosta e. reageerida välisolude muutusile, paratamatult seotud tuuma olemasoluga rakus. Nii näiteks võivad juurjalgseil kontraheeruda (kootuda) mehaaniliselt, elektriliselt või keemiliselt ärritatud tuumata kehaosad ka siis, kui

nad on eraldatud muust, tuuma (või tuumi) sisaldavast rakuosast.

Ka toiduhankimine ei vaja tuuma abi. Tuumata amööbiosa võib kulendite abil tahkeid toiduteri endasse võtta. Et tuumata rakuosad võivad pikemat aega elusaina püsida, tuleb oletada, et ka hingamistalitlus võib toimuda ilma tuumata. Sedasama tõestab ka tuikekublikute töö. Et tuikekublikud sooritavad peale hingamise veel eritus- (e. eritiste eraldamise) tööd, siis on ka kõlbmata olluste kõrvaldamine rakust võimalik ilma tuuma abita.

Et liikumine, ärrituvus, hingamine ja eritus on seotud rakke koostava protoplasma lammutusega, siis on ainevahetuse (e. metaboolia) lammutus- e. dissimilatsiooniaste (destruktiivne, laostav aste, kataboolia) suurelt osalt võimalik ilma tuumata.

Vastandina metaboolia lammutusastmele pole ainevahetuse ehitus- e. assimilatsiooni- (sarnastamis-) aste (konstruktiivne aste, anaboolia) ilma tuumata võimalik. Kõik toimed, mis on seotud sissevõetud toidu seedimisega ja sarnastamisega (assimilatsiooniga), s. o. muutumisega elusolluseks, vajavad paratamatult tuuma kaastööd. Võib olla, et tuum soetab vees lahustuvaid fermente, käärolluseid (katalüütiliselt toimivaid aineid) e. ensüüme, mille abil rakukeha seedib ümbruskonnast ammendatud toitu.

Olgu tähendatud, et kloroplastide e. klorofülli (leherohelise) ikekehakeste sarnastamise. assimilatsioonitöö, s. o. tärklise valmistamine süsihappegaasist ja veest võib taimerakkudes (näit. vetikal *Spirogyra*'l) toimuda ilma tuuma juuresolekuta. Tuumata rakk võib siin toota isegi rohkem tärklist kui tuumaga. Viimast nähtust võib seletada sellega, et tuumata rakus puuduvad mingisugused protsessid, mis on seotud tärklise tarvitamisega.

Ilma tuumata ei saa amööb nõristada lima, mille abil ta aluspinnale kinnitub.

Tuumata rakkudel või nende osadel puudub regeneratsiooni- e. taastekkimisvõime, s. o. võime kaotsiläinud osi asendada uutega. Algloomad, kellele on omased kojad, ei saa neid ilma tuumata uuesti tekitada. Osadeks tükeldatud ripsloomil regenereeruvad tervikuks ainult need osad (*Stentor*'il $^1/_{27}$, *Dileptus*'el $^1/_{75}$ osa tervest), mis sisaldavad tuuma. Hulkrakseil loomil hävib närvirakust eraldatud neuriit e. kiudharu (nn. Waller'i degeneratsioon e. mandumine). Tuuma sisaldav muu närviraku-osa aga ei hävi, vaid võib tekitada mandunud neuriidi asemele uue.

Et raku püsivaks eluks on vajalikud mõlemad ainevahetustoimed — nii lammutav kui ka ehitav, siis on tuumata raku või rakuosa eluiga võrdlemisi lühike. Nii on näiteks eluiga võrdlemisi lühike imetajate loomade erütrotsüütidel e. vere punalibledel, kel täisealises seisundis tuum puudub.

Tuumaplasma relatsioon. Peale äsja eriteldud talitluseliste, kvalitatiivset laadi suhete valitsevad rakutuuma ja rakukeha vahel ka kvantitatiivsed, suurust ja hulka käsitavad suhted. Viimaste olemasolu tõestavad Gerassimovi katsed vetika *Spirogyra* ja Boveri katsed merisiilikute munadega.

Nagu hiljem näeme, toimuvad rakkude sigimisel rakutuumadega keerulised morfoloogilised protsessid, mis kannavad karüokineesi e. kaudpooldumise (ka mitoosi) nime. Karüokineesi tulemusena pooldub tuum kaheks võrdseks tütartuumaks. Tuuma pooldumisele järgneb tavaliselt rakukeha pooldumine — emaraku jagunemine tütarrakkudeks.

Madala temperatuuri abil muutis Gerassimov *Spirogyra* karüokineesi nõnda, et tuuma pooldumisele ei järgnenud rakukeha pooldumist. Sel viisil sai ta kahe tuumaga raku, kus tuumad jäidki eraldatuks või sulasid ühte. Mõlemal juhtumil kasvas ka rakukeha kaks korda suuremaks. Kui see rakk nüüd tavalisel viisil pooldus, osutusid mõlemad tütarrakud kaks korda suuremaiks kui normaalsed *Spiro-*

gyra rakud. Kromosoomide arv neis suuris rakkudes osutus tavalisest (diploidsest e. kahelisest) kaks korda suuremaks (tetraploidseks e. neljaliseks) (vt. karüokinees).

Boveril õnnestus kunstliku partenogeneesi e. neitsisigimise abil saavutada merisiiliku looteid, kel rakud sisaldasid pool vähem kromosoome kui tavaliselt (nn. haploidse e. ühelise e. ühekordse arvu). Samu tulemusi võib saavutada, seemendades merisiilikul tuumata munakilde.

Teiselt poolt aga võis Boveri taotella kromosoomide pooldumist ja seega nende arvu kahekordistumist, mõjustades munarakke süsihappegaasiga. Kui ta selliseid kahekordse e. diploidse kromosoomiarvuga munarakke seemendas, arenesid neist kolmekordse e. triploidse kromosoomiarvuga looted.

Kui harilikul viisil seemendatud merisiilikumuna pooldumisel tekkinud kaks esimest looterakku (lõigustumisrakku e. blastomeeri) ühte liitusid, arenes sellisest liitrakust neljakordse e. tetraploidse kromosoomiarvuga vastne.

Võrreldes ühekordse (haploidse) kromosoomiarvuga looteid samal arenemisastmel olevate normaalsete, kahekordse (diploidse) kromosoomiarvuga loodetega selgus, et ühekordse (haploidse) kromosoomiarvuga loote rakud on pool vähemad kui kahekordse (diploidse) kromosoomiarvuga looteil.

Samuti selgus, et kolmekordse (triploidse) või neljakordse (tetraploidse) kromosoomiarvuga rakud on suuremad kui samal arenemisastmel olevail kahekordse (diploidse) kromosoomiarvuga looteil. Neljakordse (tetraploidse) kromosoomiarvuga loodete rakud olid kaks korda suuremad kui kahekordse (diploidse) kromosoomiarvuga looteil.

Naaldudes osalt Gerassimovi ja Boveri katseile, osalt omaenese eksperimentidele infusooride ja päikeselistega tuli R. Hertwig otsusele, et ruumala suhtes valitseb rakutuuma (-tuumade) ja rakukeha vahel kindel arvuline suhe T : R (T — tuuma ruumala, R — rakukeha ruumala).

See suhe erineb vastavalt antud rakuliikidele (kudedele), aga samas rakuliigis on ta üldiselt püsiv. Suured rakud omavad enamasti suuri tuumi, väikesed aga vähemaid.

Noortes lootelisis rakkudes on tuumad tavaliselt suuremad kui väljakujunenud, eristunud rakkudes.

Kui kromosoomide arv tuumas mingil põhjusel suureneb, siis kasvab vastavalt ka rakukeha ruumala. Sellest järgneb, et rakukeha ruumala on sõltuv kromatiini, s. o. tuuma kromosoomi-(laju-)aine hulgast. Väheneb aga rakukeha ruumala, ei muuda see kromatiinihulka. Järelikult pole kromatiinihulk rakutuumas olenev rakukeha ruumalast.

Ainuraksete loomade eluavaldused. Üks osa loomalisi rakke esineb looduses iseseisvate organismidena (elusolendeina). Need on ainuraksed loomad e. algloomad. Teisel osal rakkudest puudub võime iseseisvaks eluks. Need on koerakud, millest koosneb hulkraksete loomade keha.

Algloomad on tõelised, reaalsed indiviidid e. bionid. Hulkraksete loomade rakud (koerakud) on ainult võimalikud e. potentsiaalsed indiviidid. Ainult kunstlikes tingimusis võib neid aretada väljaspool organismi.

Ainuraksete loomade eluavaldustega tutvumiseks vaatleme eeskätt viburloomade, juurjalgsete ja ripsloomade ehitust ja talitlusi.

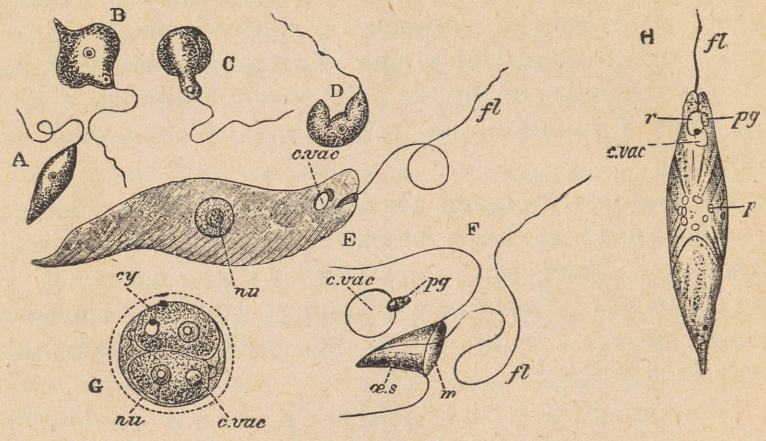
Viburloomad (*Flagellata* e. *Mastigophora*). Viburloomi iseloomustab eriline liikumiselund, pikk peen protoplasmaniidike — vibur e. flagell. Vibur esineb kas üksi või hulgi, kinnitudes looma keha eesotsale (joon. 6).

Sageli algab vibur erilisest tsütoplasmas asetsevast terast, nn. basaal- e. alusterast (aluskehakesest). Mõnikord (näit. keerdviburlasel *Trypanosoma*'l) leidub basaaltera läheduses ümmarik või lookjas tuumavärvidega värvuv kehake, nn. blefaroplast.

Vähestel leiame peale viburi ka kulendeid e. pseudopoode (näit. viburamööbil—*Mastigamoeba*'l).

Viburloomad elavad niihästi mage- kui ka merevees. Paljud teotsevad nugilistena muis loomis.

Ühtedel on keha peaaegu paljas, kaetud vaid üliõhukese nahandiga — pelliikulaga, teistel aga omab võrdlemisi paksu kesta (vaguviburlaste tselluloosist rüü).



Joon. 6. Silmviburlane *(Euglena viridis)*. A kuni D — neli silmviburlast mitmesuguseis liikumisseisundeis; E ja H — silmviburlase siseehitus suurendatult; F — looma eesots veel enam suurendatult; G — sigimine pooldudes entsüsteerunud (ümmistunud) olekus; C. vac. — joonisel H kontraktiilne vakuool e. tuikekublik, joonistel E ja F mittetuikav ruum e. reservuaar; r — reservuaar, mis suubub lehtrisse; oes — lehter, mille põhja kinnistub vibur; pg — pigment- e. värvistäpp (silm); m — suu.

Mõnedel esineb õhuke tsütoplasmalipp — lainjas kile e. unduleeriv membraan, mis on kinnistatud osalt viburile, osalt kehale. Kaelusviburlasil ümbritseb viburi põhimikuosa lehterjas tsütoplasmapalistus — kaelus e. kollaar.

Viburamööb (*Mastigamoeba*) võib hankida tahkeid toitkehi kulendite abil igas kehapinna osas. Muil viburloomil on tahke toidu võtmiseks viburi algosa naabruses olev kulendjas jätke või esineb seks rakusuu e. tsütostoom ja rakuneel e. tsütofaarünks.

Tuumi on viburloomil harilikult üks, tuikekublikuid e. pulssivaid (kontraktiilseid) vakuoole enamasti üks või kaks, harvemini rohkem (nad puuduvad mere- ja siseparasiitseil vormidel). Mõnel leidub keha eesotsa lähedal punane kehake — silmtäpp e. stigma.

Paljudel kohtame tsütoplasmas rohelisi, pruune või punakaid teri — kromatoplaste, mis sisaldavad klorofülli (leherohelist). Nende abil võib viburlane valguse paistel toituda nagu roheline taim, valmistades tärklise laadi ainet — paramüüli, mis teradena talletatakse tsütoplasmasse (näit. silmviburlasel *Euglena*'l).

Nagu ülaltoodust osalt selgub, näitavad viburloomad toitumisviisis üllatavat mitmekesisust. Ühed toituvad kui loomad, teised kui taimed. Peale selle leidub nende seas ka saprofüüte e. taimroisklasi meenutavaid roiskuvaist aineist toituvaid vorme ja parasiite e. nugilisi.

Kõik see on põhjuseks, miks ühed uurijaist peavad viburloomi taimiks, teised jälle loomiks.

See asjaolu ühes tähelepanekuga, et juurjalgseil ja eosloomil võivad esineda viburloomjad arenemisastmed, lubab pidada viburloomi arenemislooliselt ürgsemaiks ainurakseiks.

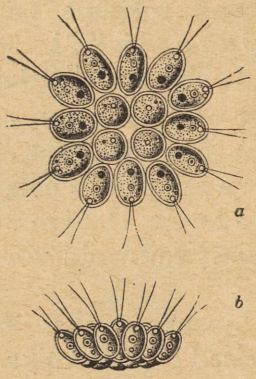
Viburloomad, nagu muudki algloomad, ilmutavad nn. taksise- e. suundliikumisnähtusi. Suundliikumine eeldab algloома ärrituvust (irritaablust) e. tundlikkust (sensiiblust) ärrituste suhtes, mis mõjutavad looma ühes teatud suunas, olgu need ärritused füüsilised või keemilised.

See looma elusolluse ärrituvusele rajatud taksisenähtus seisneb selles, et loom liigub kas ärritaja poole — positiivne taksis, või ärrituse poolt ära — negatiivne taksis.

Viburlane *Chilomonas* (kahe pikkuselt erineva viburiga) on nõrga hajusa valguse suhtes positiivselt foto- (helio-) taktiline, s. o. ta liigub valguse poole. Tõhusa otsese valguse suhtes aga on ta nega-

tiivselt fototaktiline, s. o. ta liigub valguse poolt ära. Katse näitab, et see suundliikumine toimub ainult siis, kui valgus tabab viburlase silmtäppi e. stigmat.

Viburlane *Polytoma uvella* (kahe võrdselt pika viburiga) suundub galvaanilisest voolust läbitud veetilgas anoodi poole, olles seega positiivselt galvanotaktiline.



Joon. 7. Liistakviburlane (*Gonium pectorale*). a — koloonia ülapoolelt; b — külje poolt.

Sigimine. Viburloomad sigivad niihästi mittesugulise (aseksuaalse) kui ka sugulise (seksuaalse) sigimise teel. Mittesuguline sigimine toimub tavaliselt pikipooldumisel. Mõnikord toimub pooldumine ümmiku- e. tsüstiseisundis, s. o. puhkeolekus, kui looma ümbritseb kaitsev kest e. ümmik (tsüst).

Erilist huvi pakub viburloomade suguline sigimine, illustreerides sugulise sigimise ürgsemaid vorme ja arenemisastmeid üldse.

Liistakviburlane (*Gonium pectorale*) on koloniaalne, seltsinguline viburlane (joon. 7). Liistakjas koloonia koosneb 8—16 ühte laadi indiviidist. Iga üksik indiviid on kujult munajas ja varustatud kahe viburiga keha õhemal (ees)otsal. Viburite kinnituspaiga lähedal asetseb silmake

— silmtäpp e. stigma ja kaks kublikut e. vakuooli. Keha jämedamas osas paigustub tuum ja eriline tärklist soetav ümmarjas keha, nn. pürenoid.

Iga indiviidi ümbritseb hüübeline kest, mille varal nad üksteisega liituvad.

Mittesuguline sigimine toimub sel teel, et iga indiviid korduvalt pooldub. Nii tekib igast emarakust 16 tütarrakku, mis oma hüübeliste kestade varal koos hoidudes moodustavad uued kolooniad.

Ajajärguti toimub antud viburlasega nn. ümmistumine e. entsüstatsioon. Iga isend koloonias kattub kestaga, langeb vete põhja ja elab siin üle puhkeperioodi. Viimase järel jaguneb ümmistunud olend seespool tsüsti neljaks osaks, nn. flagellospooriks e. vibureoseks. Hiljem pakatab tsüst (ümmik), flagellospoorid vabanevad ja algavad iseseisvat elu, andes korduvalt pooldudes alguse uusile kolooniaile.

Suguline sigimine. Varemalt arvati, et liistakviburlasel suguline sigimine puudub. Schreiber näitas, et kui genotüübilt (s. o. pärivuselt) erinevail liistakviburlasil lastakse väheses kultuurvedelikus ohtralt mittesugulisel teel sigida, siis hakkavad genotüübilt erinevad indiviidid paarikaupa ühtima, liitudes ühiseks rakuks, nn. seigumiks e. sügoodiks. Seigumist areneb uus seltsing. Ühtivaid isendeid kutsutakse gameetideks e. seiglasiks ja ühtimistoimet kopulatsiooniks e. seigumiseks.

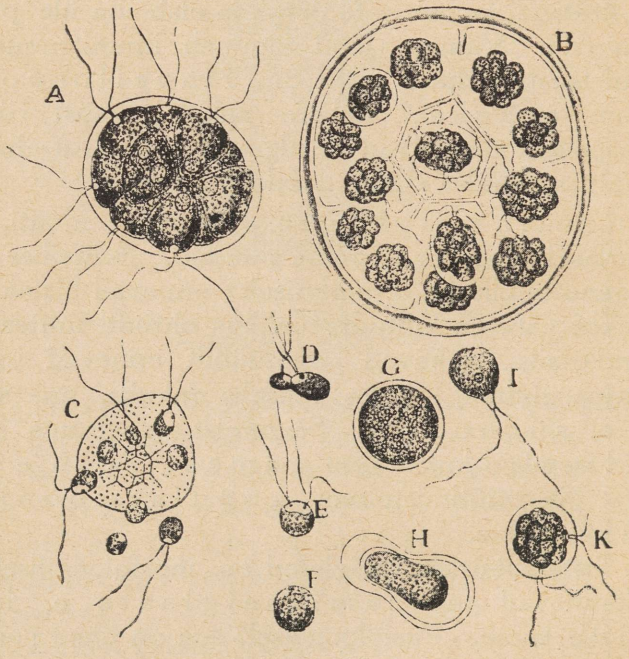
Et liistakviburlase seiglased on morfoloogiliselt ühte laadi, kannavad nad samikseiglaste e. isogameetide nime. Füsioloogiliselt aga on ühed neist seiglasist emased, teised isased.

Kobarviburlane (*Pandorina morum*) on koloniaalne kerajas 16—32 indiviidist koosnev viburlane. Indiviidid on paigustatud üldisesse limasse ja igaüks neist on varustatud kahe väljapoole suunatud viburiga (joon. 8).

Mittesugulisel sigimisel annab seltsingut (kolooniat) moodustavaist indiviididest igaüks kordu-

val pooldumisel 16-st isendist koosneva tütarkoloonia. Pooldumine toimub kõigil koloonia isendeil üheaegselt. Hiljem muutuvad tütarkolooniad iseseisvaks.

Sugulisel sigimisel kujuneb seltsing gametogeenseks e. seiglastekkeseks. See toimub sel teel, et koloonia iga indiviid jaguneb 8 gameediks e. seiglaseks. Tekib 8×32 seiglast. Seiglased on pirnjad moodustised, mille teravamale värvitule eesotsale on kinnistatud kaks viburit ja kus asetseb punane silmtäpp.



Joon. 8. Kobarviburlane (*Pandorina morum*). A — 16 isendist koosnev seltsing (koloonia); B — mittesuguline sigimine, mil igaüks seltsingut moodustavaist isendeist annab korduvail pooldumisil tütarseltsingu; C — gametogeenne e. seiglastekkene koloonia, millest vabanevad gameedid e. seiglased; D — makrogameedi e. suurseiglase ühinemine mikrogameediga e. pisiseiglasega; E — suur- ja pisiseiglase liitumisest tekkinud seigum e. sügoot, kel viburid on veel alal; F — seigum, kel viburid on kadunud; G — seigum on end ümbritsenud kestaga; H — seigumis on tekkimas sügospoor e. seigeos; I — seigumi kestast vabanenud sügospoor; K — sügospoor on pooldudes jagunenud 16 isendist koosnevaks seltsinguks.

Vasttekkinud seiglased ujuvad laiali ja ühtivad hiljemini paarikaupa seigumiks e. sügoodiks.

Seiglasist on ühed suuremad, teised vähemad, ehkki nad kujult on ühesugused. Suuremad on suurseiglased e. makrogameedid, vähemad aga pisiseiglased e. mikrogameedid.

Seigumisel on mõlemad gameedivormid ühteviisi liikuvad. Ühineda võib suurseiglane pisiseiglasega, pisiseiglane pisiseiglasega, suurseiglane suurseiglasega.

Seigum (sügoot) on ümmarik, paksu kestaga ja liikumatu. Algul tumeroheline, muutub ta hiljem punaseks. Hiljem lõhkeb seigumikest ja sellest vabaneb suur kahe viburiga sügospoor e. seigeos, mis jaguneb 16-st isendist koosnevaks seltsinguks (kolooniaks).

On tõenäoline, et seiguvad e. kopuleeruvad isendid põlvnevad kahest eri kolooniast.

Sugulist sigimist nimetatakse gamogooniaks, mittesugulist agamogooniaks. Seiguvaist gameetidest talitleb (füsioloogiliselt) üks kui emane, teine kui isane, kuid välislaadilt (morfoloogiliselt) on raske sugupooli eraldada.

Pärgkeralase (*Stephanosphaera pluvialis*) kerajas, hüübest koloonias asetsevad indiviidid pärgjalt poolitaja tasapinnas (joon. 9).

Mittesugulisel sigimisel jaguneb emakoloonia 8-st isendist igaüks 8-ks tütarindiviidiks, andes seega alguse 8-le tütarkolooniale.

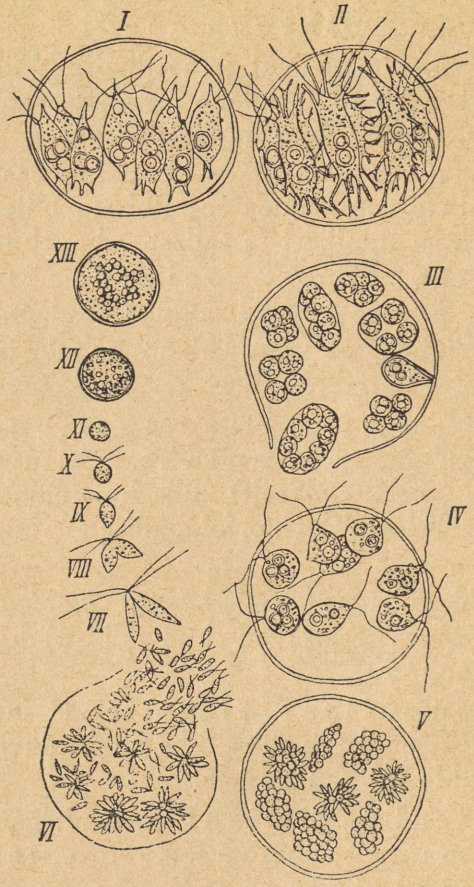
Sugulisel sigimisel tekivad gameedid, mis on kujult ja suuruselt ühesugused, s. o. isogameedid e. samikseiglased.

Isogameetide seigumine kannab isogaamia e. samikühtimise nime.

Isogameedid, ehkki morfoloogiliselt sarnased, erinevad füsioloogiliselt, sest et üks talitleb isase, teine emase seiglasena.

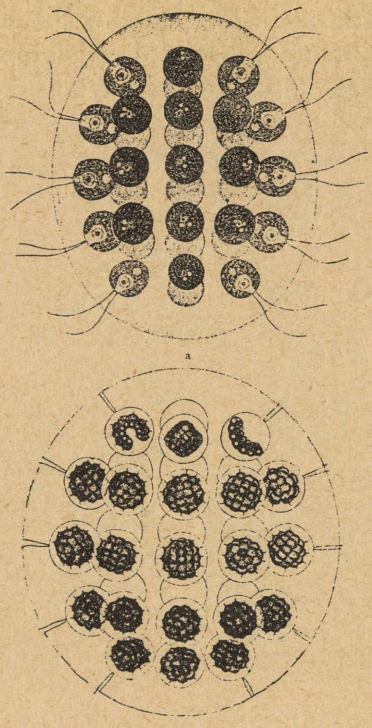
Seiguvad gameedid põlvnevad eri seltsinguist.

Hüübekeralane (*Eudorina elegans*) esineb keraja, tartlist ja 32-st indiviidist koosneva kolooniana (joon. 10). Indiviidid on kahe viburiga varustatud ja asetsevad tartlikera väliskihis.



Joon. 9. Pärgkeralane (*Stephanosphaera pluvialis*). I — kaheksast isendist koosnev pärgjas koloonia; II — kolooniat moodustavad isendid hakkavad endid pooldumiseks ette valmistama; III — emakoloonia 8 tütarkoolooniaga; IV — tütarkoloonia; V — igaüks kolooniat moodustavaist isendeist on sigindanud hulga isogameete e. samikseiglasi; VI — isogameetide vabanemine; VII ja VIII — isogameetide kopulatsioon e. seigumine (sugutamine); IX kuni XIII — seigumi (sügoodi) arenemine uueks seltinguks.

Mittesugulisel sigimisel tekib koloonia igast 32 liikmest korduval pooldumisel tütarkoloonia, mis hiljem muutub iseseisvaks.



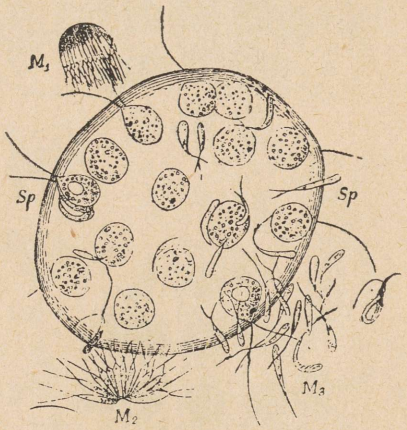
Joon. 10. Hüübekeralane *(Eudorina elegans)*. a — 32 isendist koosnev koloonia; b — mittesugulisel sigimisel areneb igast koloonia liikmest korduvail pooldumisil uus koloonia.

Sugulisel sigimisel on ühed kolooniad makrogametogeensed e. suurseiglasi tekitavad, teised mikrogametogeensed e. pisiseiglasi tekitavad. Sellist nähtust, kus üks olend soetab ainult emaseid, teine ainult isaseid sugurakke, nimetatakse gonohhorismiks e. lahksugulisuseks (ka diötsismiks e. kahekojasuseks) (joon. 11).

Makrogameedid on palju suuremad kui mikrogameedid ja erinevad viimaseist ka kujult, olles jämedamad ja kohmakamad.

Ehkki mõlemad seiglasliigid on kahe viburiga varustatud ja on liikuvad, on pisiseiglased siiski nobedamad.

Selliseid morfoloogiliselt ja füsioloogiliselt erinevaid seiglasi kutsutakse anisogameetideks e. erikseiglasiks.



Joon. 11. Hüübekeralane *(Eudorina elegans)*. Makrogameetidest (suurseiglasist) koosnev emast sugu koloonia ümbritsetult mikrogameetidest (pisiseiglasist); Sp — pisiseiglased; M_1, M_2, M_3 — pisiseiglaste kimp.

Pisiseiglaste tekkimisel jagunevad mikrogametogeenseid, s. o. isaseid kolooniaid moodustavad indiviidid 32—64 osaks, andes mikrogameetide liistakuid. Viimased laostuvad vabadeks pisiseiglasiks, kes otsivad üles makrogametogeensed, s. o. emased kolooniad ja ühtivad nende suurseiglastega.

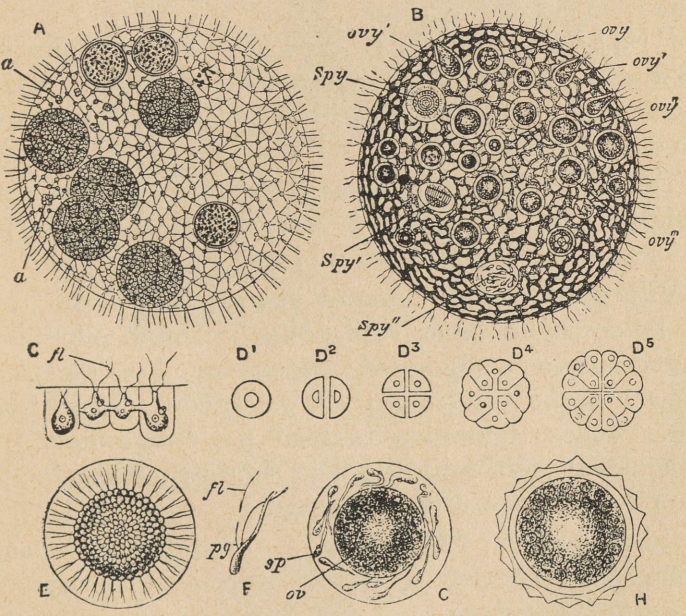
Pisi- ja suurseiglase ühtimisest (kopulatsioonist) tekkiv seigum (sügoot) kattub kestaga ja talvitub sügospoorina e. seigeosena. Kevadel vabaneb sügospoor kestast, ujub mõne aja viburite varal ringi ja jaguneb siis 32 indiviidiks, mis üheskoos moodustavad uue koloonia.

Kerilane (*Volvox*) on suurimaid seltsingulisi viburlasi. Ta esineb nööpnõelapea-suuruse kerana, mille sein

on rakkudest ja sisu hüübest. Seina koostavate rakkude hulk ulatub 10 000 isendini. Viimased on üksteisega plasmaniitide varal ühendatud ja hüübekestadega kaetud (joon. 12).

Mittesugulisest sigimistoimest ei võta osa kõik koloonia rakud. Kolooniakera alamas pooles leiame ligi 30 suuremat isendit, nn. partenogoniidi e. neitsisigimisrakku. Kaheksa tükki neist satub koloonia sisehüübesse ja areneb seal uusiks seltsinguiks.

Sugulisel sigimisel killustuvad üksikud rakud koloonia seinast lahti ja nihkuvad koloonia siseossa. Siin lõhustuvad nad suureks arvuks väikesiks viburlasiks — mikrogameetideks (pisiseiglasiks) e. spermatozoidideks (seemneniitideks).



Joon. 12. Kerilane *(Volvox globator)*. A — seltsing 8 tütarseltsinguga, mis on tekkinud partenogoniididest e. neitsisigimisrakkudest; B — suur- ja pisiseiglasi (mune ja seemneniite) sisaldav suguküps koloonia; C — neljast isendist koosnev tükk seltsingu seinast; D kuni D_5 — tütarkoloonia tekkimine partenogoniidist; E — pisiseiglaste e. seemneniitide pakk; F — pisiseiglane; G — pisiseiglasist (seemneniitidest) ümbritsetud suurseiglane (muna); H — seigum (sügoot); a — partenogoniid; fl — vibur; ov ja ovy — munad (suurseiglased); pg — pigmenttäpp; spy — pisiseiglaste pakk.

Kuldkeralasel (*Volvox aureus*) ilmuvad koloonias peale mikrogameetide väljumist suured ümmarikud rakud. Neil rakkudel puuduvad viburid ja võime iseseisvalt kulgeda. Kuid nende tsütoplasma on nähtavasti rikas toitaineist. Need on makrogameedid (suurseiglased) e. munarakud (*ovia*). Neid viljastavad muist kolooniaist päritolevad pisiseiglased.

Et emased ja isased sugurakud (munad ja seemneniidid) tekivad kuldkeralasel samas seltsingus (koloonias), siis on see kerilasliik hermafrodiitne e. mõlemasuguline (sugukaksik). Et aga isased sugurakud (mikrogameedid) ilmuvad enne emaste sugurakkude (makrogameetide) valmimist, on kuldkeralane nn. proterandriline e. eel-isane hermafrodiit (sugukaksiklane).

Proterandria e. eel-isasus sigimistoimes ei võimalda kuldkeralasel eneseseemendamist. Nagu hiljem näeme, püüab loodus üldse olendite eneseseemendamist e. autofekundatsiooni vältida.

Teisel kerilasliigil *Volvox globator*'il tekivad suur- ja pisiseiglased eri kolooniais. Seega on see liik gonohhoristne e. lahksuguline.

Viljastatud munast arenev sügoot (e. seigum) langeb peale koloonia hävimist vete põhja ja viibib siin ületalve. Kevadel koorub sügoodist sügospoor e. seigeos, mis suureks hulgaks tütarrakkudeks jagunedes annab uue koloonia. Selles koloonias tekivad partenogoniidid (neitsisigimisrakud), mis mittesugulise sigimise — agamogoonia teel annavad alguse uuele seltsingule.

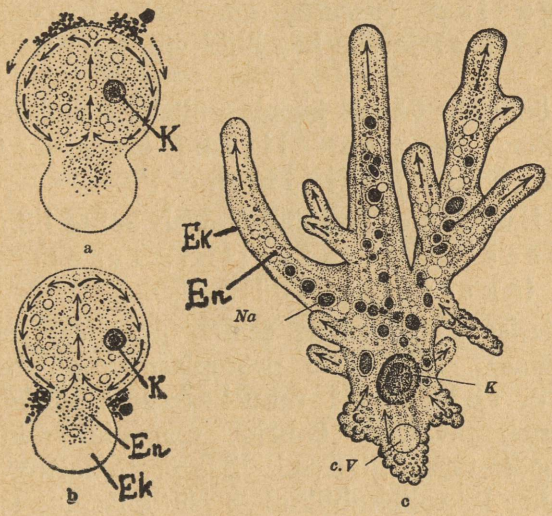
Juurjalgsete (*Rhizopoda*) esindajana vaatleme amööbe.

Amööbid (*Amoebae*). Amööbe leiame niihästi vabas looduses kui ka parasiitidena e. nugilisina teiste olendite kehas. Vabas looduses elutseb neid niihästi vees — magedas ja soolases (resp. riimvees) kui ka niiskes mullas ja mujal niiskeis paigus. Parasiitidena kohtame neid iseäranis sageli teiste loomade seedekulglas,

eriti suuõõnes ja sooltoru lõpposas (jäme- ja pärasooles, kloaagis) (joon. 13).

Amööbi tsütoplasma on kas ühtlik e. homogeenne või eristunud piirdepoolseks, tihkemaks, heledamaks ektoplasmaks e. välisplasmaks ja seespoolseks sõmerjaks entoplasmaks e. siseplasmaks.

Entoplasmas leiame kas ühe (*Amoeba proteus*), kaks (*Amoeba binucleata*) või mitu (*Pelomyxa pallida*) tuuma.



Joon. 13. Amööbid ja nende liikumisvormid. a ja b — *Amoeba blatta*. Nooled näitavad rakukehas toimuvate tsütoplasmavoolude suunda. Mustad sõmerad, mis joon. A olid ülal, on tsütoplasma voolu tõttu joon. b allapoole nihkunud; c — *Amoeba proteus* sõrmjate kulendite (pseudopoodidega); K — tuum; Ek — ektoplasma e. välisplasma; En — entoplasma e. siseplasma; cv — kontraktiilne vakuool e. tuikekublik; Na — nutritoorne vakuool e. toitekublik.

Entoplasmas asetseb tavaliselt toiduteri või toidujäänuseid sisaldavaid põiekesi, nn. nutritoorseid vakuoole e. toitekublikuid. Nende ülesandeks on toidu seedimine.

Mageveeamööbidel kohtame ekto- ja entoplasma piiril ajajärguti ilmuvaid ja kaduvaid põiekesi — pulssivaid vakuoole e. tuikavaid kublikuid.

Mõnel võivad tsütoplasmas ajuti esineda gaasivakuoolid, mis talitlevad kui ujupõied kaladel, vähendades ja suurendades keha erikaalu.

Erilist huvi pakuvad lihid või harulised kehajätked — pseudopoodid e. kulendid (ebajalakesed). Amööb võib neid kehast välja sirutada ja jälle sisse tagasi tõmmata. Kulendite kuju oleneb suurel määral tsütoplasma tiheduskorrast, konsistentsist, mis on ühtedel vedelam, teistel tahkem. Tüübilisemad kulendiliigid on: jämedad sagarjad (*pseudopodia lobosa*), peened niitjad (*p. filosa*) ja siis kas lihid või võrkjad (*p. reticulosa*).

Amööbi elu võime jagada neljaks füsioloogiliseks põhitalitluseks. Need on: liikumine, ärrituvus, ainevahetus ja sigimine.

Liikumine. Amööb avaldab kahte liikumisvormi: rakusisest (intratsellulaarset) ja rakuvälist (ekstratsellulaarset).

Rakusisene liikumine esineb peamiselt entoplasmas (siseplasmas). Siin tekib protoplasmavool, nn. aksiaalne e. telgvool raku keskosast piirde poole, kus see hargneb tavaliselt kaheks, mis piki raku piirdeosi keskme poole tagasi liiguvad. See protoplasmavool haarab endaga ühes ka toitekublikud ja tsütoplasmas leiduvad kehakesed (joon. 13, a, b).

Selles paigas, kus protoplasmahoovus tõukub vastu raku piirdeosa, tekib rakupinnal kühm, mis tavaliselt kasvab lühemaks või pikemaks jätkeks ja esineb ülalkirjeldatud kulendina e. pseudopoodina.

Kui sellesse kulendisse tungib rohkem protoplasmat kui jõuab tagasi voolata, siis kasvab kulend vastaspoolse rakukeha osa kulul suureks ja kogu amööb muudab oma paika kulendi suunas. Kulendeid võib liikumise, kulgemise suunas tekkida rohkem kui üks.

Kulendite varal toimuvat liuglevat või veerevat kulgemislaadi kutsutakse amöboidseks liikumiseks.

Raku sisemist protoplasmavoolamist nimetatakse tsirkulatsiooniks e. tsükloosiks e. ringimiseks (ka rotatsiooniks e. tiirlemiseks e. pöörlemiseks).

Ärrituvus. Teiseks oluliseks amööbi elutalitluseks on ärrituvus e. irritaablus. Ärrituvus seisneb amööbi protoplasma tundlikkuses (sensiibluses) ärrituste, s. o. ümbritsevate elutingimuste muutuste suhtes.

Amööbil on võime reageerida (kosta) mehaanilisile, termilisile (s. o. temperatuurilisile), elektrilisile, fotolisile (valgus-) ja keemilisile ärritusile.

Reageerimine ärritusile seisneb kas elutalitluste tugevnemises või nõrgenemises.

Amööbi kostang ärritusile sõltub eeskätt amööbi liigist (s. o. ta protoplasma spetsiifilisest, erilisest konstitutsioonist), ärrituse tugevusest ja protoplasma dünaamilise tasakaalu seisundist enne ärritust.

Kui ärritame amööbi elektri-induktsioonivooluga, siis näeme, et nõrk vool halvab ta amööbset liikumist. Tugevam vool kutsub esile kulendite kao, kuna liiga tugev vool surmab amööbi. Elektrivool on amööbile kunstlikuks ärritajaks vastandina ta normaalses ümbruskonnas esinevaile temperatuurilisile, keemilisile ja mehaanilisile ärritusile.

Optimaalsete, s. o. soodsate looduslikkude ärrituste puhul toimuvad amööbi elutalitlused (aine- ja energiavahetus ühes liikumisega, ärrituvus, kasvamine, sigimine) kõige tõhusamalt, intensiivsemalt. Samade looduslikkude ärrituste miinimum (alammäär) ja maksimum (ülemmäär) aga võivad amööbi elutalitlused summutada ja loomakese hävitada.

Ainevahetus. Vett ja hapnikku imeb amööb endasse ektoplasma kaudu. Tahket toitu haarab ta kulendite abil ja juhib oma entoplasmasse. Sellise tahke toitkehakese ümbert haaramine võib toimuda ükskõik millises kehapinna osas. On tahke toitpala niitjas, näit. kiudveti-

kas, siis järgneb esimesele toitkeha haaramisele kulendite varal terve rida painutavaid ja mähkivaid tsütoplasmaliigutusi. Selle tagajärjel keritakse niitvetikas amööbi kehas puntraks kokku.

Sissevõetud toitkeha ümber tekib seedemahla sisaldav toitekublik. Selles toitevakuoolis lahustuvad kõik seeditavad osad ja imatakse protoplasmasse. Seedimatud osad jäävad toitevakuooli, mis raku pinnapoolsesse ossa nihkudes seal lõhkeb ja heidab oma sisu välja tagasi. Nagu toidu sissevõtmine, nii toimub ka toidujäänuste väljaheitmine igas kehapinna osas.

Ainevahetuse vedelate ja gaasiliste jääkide väljaheit — eritus e. ekskretsioon toimub osalt kogu kehapinna, osalt tuikekubliku kaudu. Tuikekublik täitub aegamööda kõlbmatuid aineid (ka süsihappegaasi) sisaldava veega ja tühjeneb siis äkilise tuksatusega välja kehapinnale.

Sigimine. Amööbid võivad sigida niihästi mittesugulisel kui ka sugulisel teel.

Lihtsaimaid mittesugulise sigimise vorme on pooldumine e. divisioon. Tuum pooldub (vt. karüokinees e. kaudpooldumine) kaheks tütartuumaks. Käsikäes tuuma pooldumisega pooldub ka rakukeha. Tuikekublik satub ühte tütarrakku, kuna teises tekib uus.

Pooldumistoime kiirus oleneb amööbi protoplasma tihedusest (ühtedel kestab pooldumine ainult 3 minutit, teistel 1—7½ tundi).

Teiseks mittesugulise sigimise vormiks on lõhustussigimine e. skisogoonia. Skisogoonia puhul jaguneb tuum korduvalt pooldudes mitmeks tütartuumaks. Selle järel lõigustub ka tsütoplasma korraga tuumade arvule vastavalt mitmeks tütaramööbikeseks.

Suguline sigimine toimub niihästi aktiivse elu kui ka ümmistunud seisundis.

Ümmistunud pisiamööbil (*Amoeba minuta*) (läbimõõt 15—25 μ) jaguneb tuum sugulisel sigimisel hulgaks (kuni 40) tütartuumadeks, mis nihkuvad raku piirdepoolsesse ossa. Siis lõigustub ka rakukeha ta keskmest välju-

vate kiirjate lõhede varal osadeks, nii et igasse ossa jääb üks tütartuum. Hiljem puruneb osadeks jagunenud amööbi ümbritsev ümmik e. tsüst ja noored amööbikesed pääsevad välja.

Nüüd lähenevad kahest eri tsüstist tekkinud amööbikesed üksteisele paarikaupa ja liituvad üheks. Ehkki siin pole morfoloogilist vahet üksteisega ühtivate amööbikeste vahel, tuleb siiski füsioloogiliselt ühte neist pidada emaseks, teist isaseks seiglaseks e. gameediks. Siin esineb suguline sigimine e. gamogoonia samikseigumise e. isogaamia kujul.

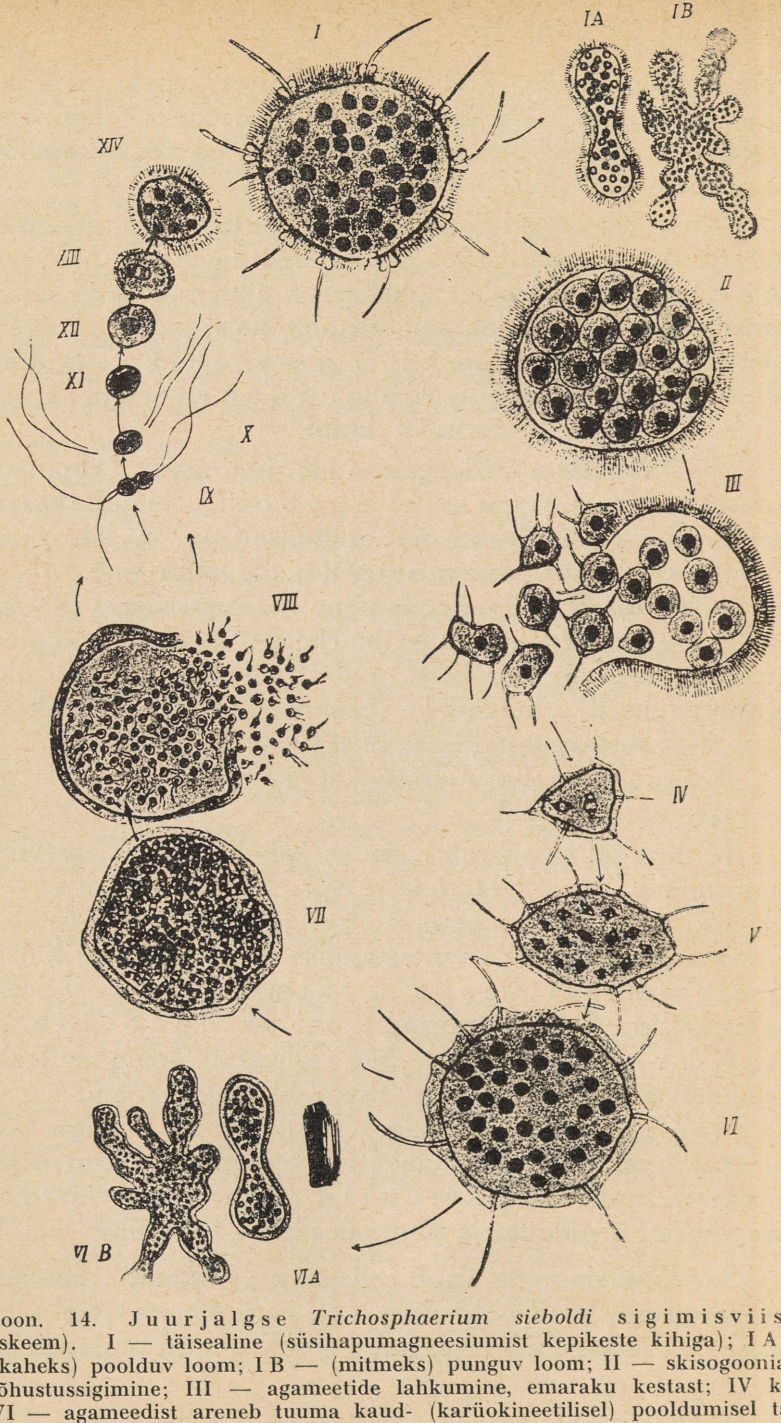
Samikseiglaste e. isogameetide ühtimisest (kopulatsioonist) tekib seigum e. sügoot. Seigum kasvab suuremaks ja võib uuesti mittesuguliselt sigida, kas skisogoonia (s. o. lõhustussigimise) või pooldumise teel.

Hästi on tuntud sigimistoime merijuurjalgsel *Trichosphaerium sieboldi*'l. Selle juurjalgse kerajat, hulgatuumalist keha katab lima-kest, millest väljuvad kiirjalt lihid (mitteharulised) kulendid (pseudopoodid). Limakesta katab kiht süsihapumagneesiumist kepikesi (joon. 14).

Sigimine toimub niihästi mittesugulisel kui ka sugulisel teel.

Mittesuguline sigimine esineb kahel kujul. Täisealine loom annab pooldumise või pungumise teel kaks või mitu tütarrakku, millest igaüks on varustatud mitme tuumaga. Seda mittesugulise sigimise vormi kutsutakse vegetatiivseks e. taimeliseks. Teiseks mittesugulise sigimise vormiks on skisogoonia e. lõhustussigimine. Siin lõhustub loom hulgaks amööbjaiks ainutuumalisiks tütarrakkudeks e. nn. agameetideks (mitteseiglasiks). Agameedid ei seigu (kopuleeru), vaid võrsuvad vahetult täisealisiks vormideks. Viimased kannavad gamontide nime ning võivad sigida niihästi pooldudes ja pungudes kui ka sugulisel teel.

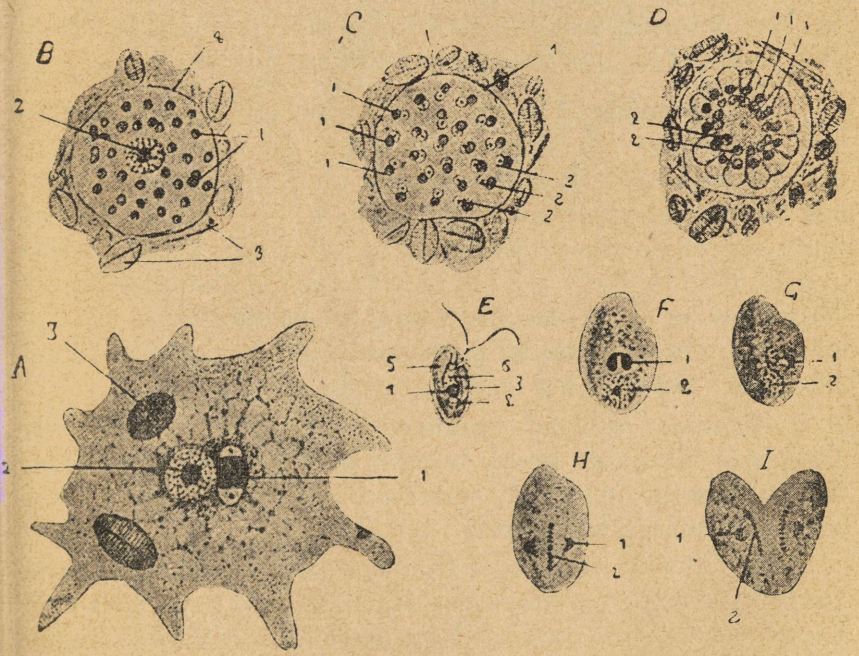
Suguline sigimine algab sellega, et gamondi tuumade hulk muutub kaudpooldumise (vt. karüokinees) teel õieti suureks. Siis jaguneb ta vastavalt rohkenenud tuumade ar-



Joon. 14. Juurjalgse *Trichosphaerium sieboldi* sigimisviisid (skeem). I — täisealine (süsihapumagneesiumist kepikeste kihiga); I A — (kaheks) poolduv loom; I B — (mitmeks) punguv loom; II — skisogoonia e. lõhustussigimine; III — agameetide lahkumine, emaraku kestast; IV kuni VI — agameedist areneb tuuma kaud- (karüokineetilisel) pooldumisel täisealine, kel puudub süsihapumagneesiumist kepikeste kiht ja kes võib sigida nii pooldudes (VI A) ja pungudes (VI B) kui ka suguliselt; VII — isogameetide e. samikseiglaste teke; VIII — isogameetide väljumine; IX — isogameetide seigumine (kopulatsioon) sügoodiks e. seigumiks; X kuni XIV — täisealise arenemine sügoodist. I on agamont, VI on gamont.

vule suureks hulgaks kahe viburiga varustatud *samikseiglasiks* e. *isogameetideks*. Viimased lähenevad üksteisele, liitudes paarikaupa *seigumeiks* (sügootideks), millest võrsuvad süsihapumagneesiumi-kihiga varustatud täisealised — *agamondid*. Kumbki seiguvaist isogameetidest põlvneb eri gamondist. Agamondid sigivad pooldumise, pungumise või skisogoonia teel, s. o. mittesuguliselt. Sugulise ja mittesugulise põlvkonna vaheldust kutsutakse *metageneesiks*.

Paramoeba eilhardi sisaldab peale tuuma veel nn. *lisakehakese*, mida võrreldakse *rakukeskmega* e. tsütotsentrumiga (joon. 15). *Mittesugulie si-*



Joon. 15. *Juurjalgse Paramoeba eilhardi sigimine*. A — loom enne sigimist; B, C, D — kolm entsüsteerunud (ümmistunud) amööbi skisogoonia e. lõhustussigimise astet, mil tekib hulk agameete e. mitteseiglasi; E, F, G, H, I — agameedi sigimine pooldumise teel; 1 — nn. lisatuum, mis talitleb tsütotsentrumina e. rakukeskmena ja jaguneb (B) suureks arvuks osadeks (enne tuuma jagunemist); 2 — tuum; 3 — sisseneelatud ränivetikad; 4 — tsüst e. kest; 5 — pigment e. värvis; 6 — stigma e. silmtäpp.

gimine (agamogoonia) toimub kas pooldumise (divisiooni) või lõhustumise (skisogoonia) teel. Pooldumisel poolduvad esmalt tuum ja lisakehake, hiljem ka rakukeha. Enne lõhustumist amööb ümmistub ja lisakehake jaguneb hulgaks osadeks. Sellele järgneb ka tuuma jagunemine niisama paljudeks osadeks. Iga tütartuum moodustab iga tütarlisakehaga paari. Kõik need paarid nihkuvad raku piirdepoolsesse ossa. Siis lõhustub ka rakukeha hulgaks sektoreiks, millest igaüks sisaldab tütartuuma ja ühe tütarlisakehakese.

Igast emaraku-sektorist kujuneb kahe viburiga varustatud tütarrakk, mis meenutab viburlooma *Cryptomonas*'t. Need viburloomjad rakukesed ujuvad viburite löökide varal vees ringi, toituvad ja poolduvad nn. kaudpooldumise e. karüokineesi teel (vt. karüokinees). Hiljem langevad nad vete põhja, kus omandavad väikese amööbi kuju.

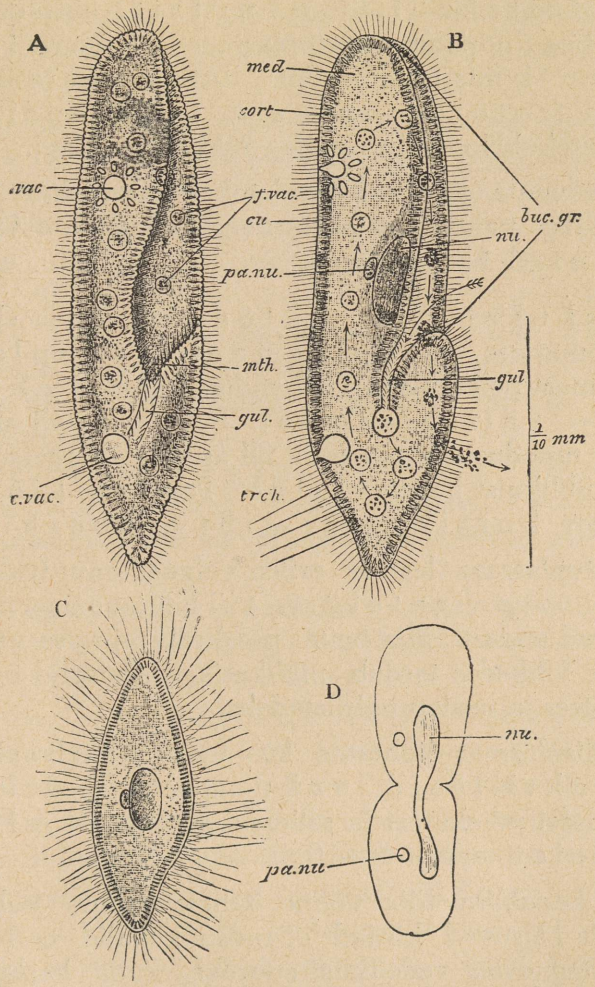
Ripsloomade (*Ciliata*) esindajaks on magevees elutsev kingloom (*Paramaecium*) (joon. 16). Kingloomal on hoopis keerulisem ja kõrgemini arenenud organisatsioon kui viburloomal ja amööbil. Ta piklik kingjas kuju on enamvähem püsiv, tänu õhukese keha katvale nahandile e. pelliikulale. Nahandil leiame längridadena asetsevaid õrnu protoplasmajätkeid — ripsmeid (*cilia*). Paljudel esinevad mitmest ripsmest ühteliitunud väädikud e. tsirrid (*cirrus*).

Ripsmed viibivad enamasti alati liikumistegevuses. Ripsmete liikumine meenutab tuules lainetavat viljapõldu, kus kummargil ja sirged kõrteread alatises õõtsuvas liikumises üksteisega vahelduvad.

Iga üksiku ripsme liikumisperiood koosneb kahest faasist (järgust) — aeglasest kummardumisest ja kiirest sirgumisest. Ripsmed on loomakesele kulgemiselundeiks (vt. ka lihaskiukesed e. müofaanid).

Ka toitumistoimes on ripsmed tegevad. Tahke toidu sissevõtt toimub kõhtmisel poolel oleva lohukese — suuvälja e. peristoomi piirkonnas. Suuvälja põhjas on ava — rakusuu e. tsütostoom. Suuväljal on

ripsmed pikemad kui mujal. Nende ripsmete löökide varal juhitakse toidupalukesed (mitmesugused tillukesed elusolendid) suhu.



Joon. 16. Kingloom (*Paramaecium caudatum*). A — elav loom kõhupoolelt; B — sama loom optilises läbivaates: nooled näitavad sissevõetud toitsõmerate kulgemise suunda; C — loom, kes on trihhotsüstid e. paisatid välja heitnud; D — infusoor sigib pooldudes; buc. gr — peristoom e. suuväli; cort — ektoplasma e. välisplasma trihhotsüstidega; cu — nahand e. pelliikula; c. vac. — kontraktiilne vakuool e. tuikekublik; f. vac. — nutritoorne vakuool e. toitekublik; med — entoplasma e. siseplasma; nu. — makronukleus e. suurtuum; pa. nu. — mikronukleus e. pisituum; trch — trihhotsüstide e. paisatite sisust tekkinud niidikesed.

Rakusuust suunatakse toitkehakesed rakuneelu e. tsütofaarünksi kaudu entoplasmasse e. siseplasmasse. Entoplasmas kujuneb toitkehakese ümber toitekublik e. nutritoorne vakuool. Siia nõristub protoplasmast käärollust — fermenti, mis toitu seedib. Entoplasmas toimuva tiirlemisega (rotatsiooniga e. tsükloosiga) kantakse toitekublikud ühes sisuga rakukehas ringi.

Seedimata jäänused heidetakse rakukehast välja erilise kindlas paigas asetseva ava — rakupäraku e. tsütoprokti kaudu.

Rakukeha e. tsütosoom koosneb vedelamast sõmerjast entoplasmast e. siseplasmast ja tihkemast pelliikulaga (nahandiga) kaetud ektoplasmast e. välisplasmast. Peale nahandi aitab välisplasmat moodustada nahandi all asetsev kõrgeist (prismalisist) kublikuist koosnev alveolaarne kiht ja selle all asetsev kortikaalne kiht e. koorkiht.

Ektoplasmas leiame erilisi valgust murdvaid kepjaid kehakesi — paisateid e. trihhotsüste. Paisatid võivad endast välja heita põiekesi mürgise vedelikuga, mis põie lõhkedes tardub niidikesiks. Paisatid on ripsloomile kaitse- ja pealetungiriistadeks.

Välisplasmas kohtame ka tuikekublikuid e. kontraktiilseid vakuoole. Need koosnevad tsentraalsest põiekesest ja sellesse suubuvaist kiirjaist kanaleist, arvult 8—10.

Tuikekubliku töös võime tähele panna kolme faasi. Algfaasis paisuvad kiirjad e. radiaalkanalid tsütoplasmast sinna kogunevast vedelikust suureks, kuna keskpõieke on alles kujunemas ja väike. Teises faasis surutakse vedelik kiirjaist kanaleist keskpõiekesse — kanalid muutuvad pilujaks, põieke suureks. Kolmandas e. lõppfaasis surutakse keskpõieke kehapinnale viiva kanali kaudu tühjaks. Ees- ja tagakehas asetsevad tuikekublikud töötavad vaheldumisi. Kui üks keskpõieke viibib vedelikuga täitunult

lõtve- e. diastooliseisundis, on teine koonde- e. süstoolifaasis.

Tuikekublikud töötavad seda tõhusamalt, mida kõrgem on temperatuur. *Paramaecium aurelia* näiteks heidab välja 27° C juures 43 minuti kestel sellise hulga vett, mis võrdub ta keha mahuga.

Tuikekublikud on infusoori eritus- e. ekskretsioonielundiks ja osalt ka hingamisvahendiks. Nad eemaldavad kehast vedelikku, mis on oletatavasti küllastunud süsihappest ja kusinikust.

Kinglooma entoplasmas esineb kahte liiki rakutuumi. Üks on suurtuum e. makronukleus, teine pisituum e. mikronukleus. Pisituuma võib esineda mitu (*Paramaecium caudatum*'il on üks makro- ja üks mikronukleus, *P. aurelia*'l on üks suur- ja kaks pisituuma).

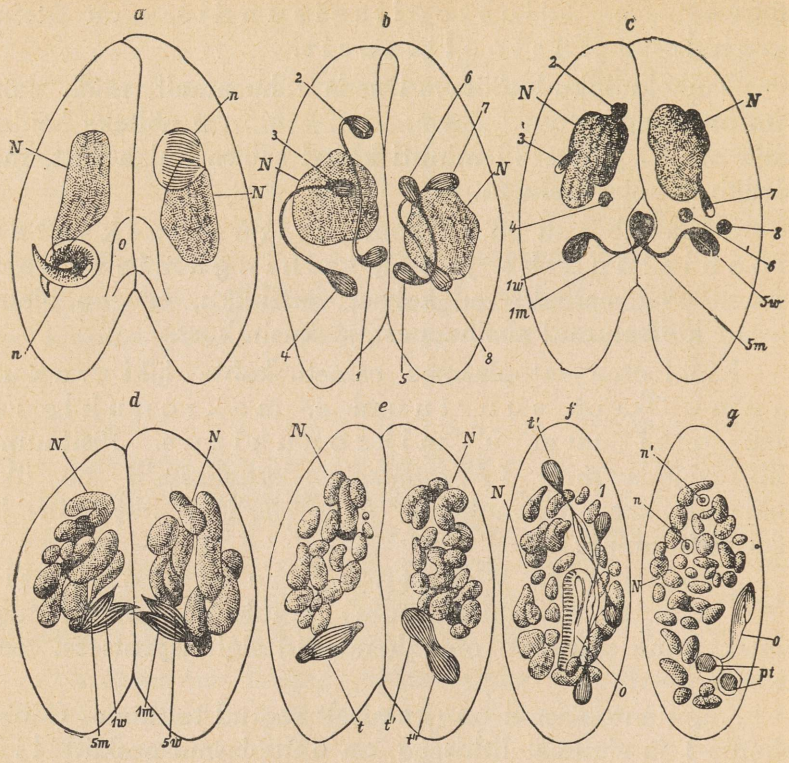
Suurtuum (ka vegetatiivne e. somaatiline, s. o. kehaline tuum) reguleerib ainevahetustoimet, kuna pisituum on rakendatud sigimisprotsessi teenistusse.

Kuna entoplasma on peamiselt seotud toitumis- (ainevahetus-) ja sigimistalitlusega, on ektoplasma eeskätt liikumis- ja ärrituvusalaks.

Infusoor vesikelluke (*Vorticella*) on varrekese varal veealuste esemete külge kinnistatud. Protoplasmast vars sisaldab lihaskiukesist koosneva telgniidi. Kui loomakest ärritada, tõmbub telgniit spiraalselt kokku ja loomake omandab püstsuunas uue asendi.

Ektoplasmas asetsevad peened lihaskiukesed e. müoneemid, mille kokkutõmbumisel ja lõtvumisel loomake võib muuta oma kehakuju. Sageli kinnistuvad müoneemid ühteliitunud ripsmeist koosnevate väädikute e. tsirride põhimikosale, olles seega nende liigutajaks.

Mõnel teisel ripsloomal (tõrilasel — *Stentor*'il) on leitud müoneemidega rööbiti kulgevaid kiukesi, nn. neurofaane, mida peetakse närvikiukesiks. Need kiukesed suunduvad keha ees- ja tagaotstest poolitaja piir-



Joon. 17. Kinglooma (*Paramaecium*) konjugatsioon e. rakuühe. N — makronukleus e. suurtuum; n — mikronukleus e. pisituum; O — tsütostoom e. rakusuu; joonised a, b, c kujutavad *Paramaecium caudatum*'it, kel on üksainus pisituum, joonised d, e, f, g kujutavad *Paramaecium aurelia*'t, kes omab kaht pisituuma; a — poolduv pisituum on nn. käävijärgus, pooldumise tulemusena tekib kummaski konjugandis (s. o. konjugeeruvas isendis) 2 pisituuma; b — igas konjugandis on kumbki pisituum uuesti kaheks pooldumas. Neist pooldumisel tekkinud pisituuma osadest, nn. käävidest on 1 ja 5 peakäävid, 2, 3, 4, 6, 7, 8 lisakäävid; c — lisakäävidega toimub taandareng, iga konjugandi peakääv aga pooldub kaheks käävjaks osaks, millest üks on migratoorne tuum e. rändtuum (1m ja 5m), teine statsionaarne tuum e. püsituum (1w ja 5w); d — rändtuumade vastastikune vahetus. Ühe otsaga püsib iga rändtuum osalt veel emarakus, kuna teine ots hakkab teise looma püsituumaga sünkaarüoniks e. liittuumaks ühte liituma (1w 5m-ga ja 1m 5w-ga); suurtuum laguneb osadeks; e — kummaski konjugandis on püsi- ja rändtuum liittuumaks (sünkaarüoniks) ühte liitunud, parempoolses isendis hakkab liittuum pooldumа (osadeks t′ ja t″); f ja g — mõlemad konjugandid on teineteisest lahkunud. Liittuuma osadest tekivad kummaski konjugandis pooldumise teel uued pisituumad (n ja n′) ja suurtuum (pt); vana suurtuum on lagunenud tükkideks.

konda, kus lõpevad puhetisega või lihilt. Pole täiesti kindel, kas need kiukesed võrduvad talitluselt kõrgemate loomade närvikiukestega.

Kingloomal on kirjeldatud rakuneelu ees asetsevat tsütoplasmasõlmekest, millest väljuvad kiukeste kimbud — üks selja, teine kõhu poole ja kaks neelu suunas. Nende kimpude kiukesi peetakse närvikiukesiks (neurofaanideks). Ühed neist suunduvad müoneemide (lihaskiukeste), teised trihhotsüstide (paisatite) poole.

Teistel infusooridel on leitud närvikiukese laadi arendeid, mis lõpevad meele-elundeiks peetud moodustisis. Dogiel peab mõne infusoori (*Bütschlia* jne.) eeskehas esinevaid tihkemate (kutikulaarsete) seinakestega ja tahkeid teri sisaldavaid kublikuid tasakaalu- e. staatilisiks meeleriistadeks.

Taksised e. suundliikumised. Nagu viburloomil ja amööbidel, nii leiame ka kingloomil suundliikumis- e. taksisenähtusi, mida kutsuvad esile pidevad samasuunalised ärritused.

Kui täita veega umbse peene otsaga klaastoruke ja pista see lahtise otsaga vette, kus leidub kingloomi, siis näeme viimaseid üles tungivat ja torukese peent osa täitvat. See katse näitab, et kingloomad on negatiivselt geotaktilised (e. barotaktilised) e. eitavalt maa suunas (e. raskus- e. tõmbetungi suunas) liikuvad, et nad liiguvad vastupidises suunas maakera tõmbetungile (gravitatsioonile). Kui aga samu infusoore ärritada, tõstes vee temperatuuri või lisades veele ärritavaid keemilisi aineid, siis muutub nende negatiivne geotropism positiivseks — nad suunduvad torukese ülaosast alla lahtisesse vette.

Kui vaadelda mikroskoobi objektklaasile asetatud veetilka mõne väikese rohelise vetika ja kingloomadega, siis näeme viimaseid suunduvat vetika poole. Kingloomad on nimelt positiivselt kemotaktilised hapniku suhtes, mida eritab vetikas.

Aluseliste e. baasiliste keemiliste ainete suunatud pideva mõju suhtes on kingloomad negatiivselt kemotaktilised.

Kui kingloom puutub vees kokku tahke kehaga, siis hakkavad ripsmed tõhusamalt töötama, tõugates loomakese täiesti vastu antud keha. Kui see on toimunud, soigub ripsmete töö. Sellist suundliikumisnähtust kutsutakse positiivseks tigmotaksiseks (resp. stereotaksiseks) e. jaatavaks puutesuundliikumiseks.

Katse näitab, et kingloom kulgeb vees, mille temperatuur on alla 24° C, kõrgema temperatuuri poole, ja vees, mille temperatuur on kõrgem kui 28° C, madalama temperatuuri poole. Sellest järgneb, et kingloom avaldab tingimustele vastavalt nii negatiivset kui ka positiivset termotaksist e. eitavat või jaatavat soojuse-suundliikumist ja et kõige sobivamaks, s. o. optimaalseks temperatuuriks on talle temperatuur 24° C ja 28° C vahel.

Kui kingloomi sisaldavast veetilgast läbi juhtida galvaanilist voolu, siis liiguvad loomakesed negatiivse pooluse poole — nad on negatiivselt galvanotaktilised e. eitavalt galvaani voolu suunas liikuvad. Kuid see negatiivne galvanotaksis muutub positiivseks, kui katset toimetada füsioloogilises (s. o. ¾%-lises) keedusoolalahuses.

Fototaksise- e. heliotaksise-, s. o. valguse- e. päikese-suundliikumisnähtust leiame infusooril *Paramaecium bursaria*'l, kel kehas leidub ainurakseid vetikaid — *Zoochlorella*'sid. See infusoor ilmutab positiivset fototaksist (resp. heliotaksist) e. jaatavat valguse-(resp. päikese-)suundliikumist veetilgas, kust on kõrvaldatud hapnik (vett keetes), s. o. loomake ujub valguse poole. Tavalises, hapnikuga vees on sama kingloom negatiivselt fototaktiline (resp. heliotaktiline) e. eitavalt valguse (resp. päikese) suunas liikuv.

Sigimine. Kingloomad sigivad niihästi mittesugulisel kui ka sugulisel teel. Mittesuguline sigimine toimub pooldumise kaudu. Pooldumisel soondub loomake ristisuunas pooleks. Tuumadest pooldub esmalt pisituum e. mikronukleus. Ta venib pikemaks ja ta nabadel tekivad (vist akromatiinist) nn. polaarsed liistakud. Kromatiinimass venib tuuma pikitelje suunas niitjaiks kromosoomideks (tuumalajudeks), mis ulatuvad tuuma nabast nabani. Kromosoomid katkevad pooleks ja nihkuvad pikaks venides omapoolse tuumanabani, kujunedes seal tütar-pisituumaks. (Selline tuuma pooldumine on vahevormiks amitoosi (vt. amitoos) ja karüokineesi (vt. karüokinees) vahel.) Suurtuum soondub lihtsalt pooleks (amitoos e. otsepooldumine). Ema-kinglooma pooldumisel tütarrakkudeks pärib üks tütarrakkudest ema rakusuu ja rakuneelu, kuna teine nad uuesti tekitab. Ema tuikekublikuist saab kumbki ühe, kuna teine soetatakse hiljem. Mõned (vesikelluke — *Vorticella*) poolduvad pikisuunas.

Mõnel teisel infusoorivormil (näit. sessiilseil, s. o. vete põhja e. veealuste asjade külge kinnistunud pärgripsmelisil) (*Peritricha*) jäävad pooldumisel tekkinud tütarrakud omavahel ühendusse, andes koolooniaid e. seltsinguid.

Paljudel infusooridel toimub pooldumine ümmiku- (tsüsti-)seisundis.

Mõned infusoorid sigivad pungumise e. gemmatsiooni teel, kus emarakust lahti soonduvad tütarrakud on emarakust märksa vähemad. Pungumise teel sigivad eriti sessiilsed e. kinnistunud infusoorid, eeskätt nugiliselt (parasiitselt) toituvad imikloomad (*Suctoria*).

Olles põlvede kestel paljunenud pooldumise teel, toimub kingloomadega konjugatsioon e. rakuühe (joon. 17).

Rakuühtesse astuvail loomakesil muutub pisituum tavalisest märksa suuremaks. Kaks isendit heidavad endid teineteise vastu esmalt eesotsaga, hiljem ka kõhupoolega. Rakusuu piirkonnas kasvavad mõlemad rakuühtesse

astuvad indiviidid e. konjugandid ajutiseks ühte.

Suurtuumadel on haraline kuju ja nad soonistuvad osadeks. Pisituumad aga kujunevad käävjaks ja poolduvad kaks korda, nii et kummaski konjugandis tekib neid neli. Kummaski isendis hukkub neist kolm, kuna neljas jaguneb kaheks. Neist kahest asub üks rakukeha pinnapoolsemasse, teine sügavamasse ossa.

Pinnapoolne kannab migratoorse tuuma e. rändtuuma, sügaval asetsev aga statsionaarse tuuma e. püsituuma nime.

Nüüd nihkub ühe konjugandi rändtuum mõlemaid konjugante ühendava protoplasmasilla kaudu teise konjugandi entoplasmasse, ühinedes seal asetseva püsituumaga liittuumaks e. sünkaarüoniks. Samal ajal siirdub ka teise isendi rändtuum esimese indiviidi rakukehasse, liitudes seal oleva püsituumaga.

On liittuumad tekkinud, lahkuvad rakuühtesse astunud kingloomad (konjugandid) üksteisest ja taastekitavad oma rakusuud. Liittuumast eristub uus mikro- ja makronukleus. Vana, osadeks tükeldunud makronukleus lahustub tsütoplasmasse.

Infusooridel võib esineda ka kopulatsioon e. seigumine, s. o. paaruvate isendite jääv liitumine. Vesikellukesel esineb anisogaamia, mil kinnistunud isendist korduval pooldumisel tekkinud uitlev mikrogameet liitub kinnistunud makrogameediga. Tuumadega toimuvad muutused meenutavad konjugatsiooni, selle vahega, et tekib ainult üks sünkaarüon.

Konjugatsiooni tähtsus. Aretades infusoore eraldi anumas (Maupas 1889) ja takistades neid (näit. rikkaliku toidu ja kõrge temperatuuri abil) konjugeerumast, sigivad nad pooldudes esmalt normaalselt, kuid hiljem esinevad mitmesugused rikked. Ühed omandavad moonutatud kuju, teistel on ripsmed puudulikult välja arenenud, mõnedel jälle on nõrgenenud pooldumisjõud, kuna paljud surevad. Aegamööda degenereerub põlvkond põlvkonna

järel ja hukkub. Kuid kõik need degeneratsiooninähtused kaovad, kui infusooridel lastakse konjugeeruda.

Selliste tähelepanekute alusel seati üles oletus, et konjugatsioon, s. o. tuumaaparaadi uuendus avaldab infusooridele noorendavat mõju, virgutades neid uue jõuga mittesugulisel teel sigima.

Uuest lähtekohast valgustasid infusooride konjugatsiooni küsimust Woodruff'i katsed. Ta paigutas iga tütarindiviidi, mis tekkis emainfusoori pooldumisel, ikka jälle uude toitvedelikku. Sellistes tingimustes sigisid infusoorid 20 a. kestel (andes kokku ligi 12.000 põlvkonda) täiesti ilma konjugatsioonita. Seejuures saadi 5½ a. kestel 3340 sugupõlve, s. o. katseks võetud infusoor andis 5½ a. kestel 2^{3340} isendit. On huvitav märkida, et kõigi nende isendite kogumass võrdub ruumalalt 10^{1000}-kordse maakera-mahuga. Oma tähelepanekute alusel tuli Woodruff otsusele, et infusoorid (samuti kui muud algloomad) võivad sigida lõputult kaua mittesuguliselt (pooldudes) ja et konjugatsioon pole sigimisel hädatarvilik.

Kuidas aga seletada Maupas'i poolt tehtud tähelepanekut, et infusoorid manduvad, kui neid kultiveeritakse piiratud vedelikuhulgaga anumas? Asjaomaseist katseist selgub, et infusoorid, keda aretatakse piiratud keskkonnas, avaldavad perioodilist pooldumiste arvu kahanemist ja üldse elutoime hoogsuse nõrgenemist. Sellist infusooride eluhoo langusperioodi kutsutakse depressiooniks e. masendusseisundiks.

Ühed peavad depressiooni põhjuseks kahjulike eritiste kuhjumist katseanumas, kus infusoore aretatakse. R. Hertwig oletab, et depressiooni kutsub infusooridel esile tuumaaine ja tsütoplasma vahel valitseva normaalse hulgasuhte rike. Raku elutalitluste tõttu kasvab tuumaaparaadi (makro- ja mikronukleuse) mass võrreldes tsütoplasma massiga liiga suureks. Popoff näitas, et normaalne kvantitatiivne suhe makronukleuse ja tsütoplasma vahel on 1:64. Liiga soodsail toitumistingimusil kasvab makronukleuse mass suhteliselt liiga suureks, põhjustades seega depressiooni.

Depressiooni võib ka kunstlikult esile kutsuda, juhtides vette, kus infusoore aretatakse, süsihappegaasi või ammoniaaki. Teiselt poolt on võimalik depressiooni vältida, lisades näiteks heinaleotisele, kus antud infusoore kultiveeritakse, lihapuljongit. Samuti võib ära hoida depressiooni, kui aretatavail infusooridel sageli uuendada toitevedelikku või kui vahetevahel infusoorikultuuri sisaldavat anumat raputatakse.

Vabas looduses töötavad depressiooni vastu nähtavasti konjugatsioon, looma paigavahetus ja vististi ka ümmistumine (entsüsteerumine).

Woodruff ja Erdmann näitasid, et depressiooniperioodil toimuvad infusooride tuumaaparaadiga muutused, mis sarnlevad konjugatsioonil esinevate muutustega. Makronukleus kaob, kuna mikronukleus jaguneb neljaks osaks, millest kolm samuti hävivad. Seega toimub tuuma (mikronukleuse) olulisema aine, nn. kromatiini kahandumine e. reduktsioon, s. o. üleliigse tuumaaine kõrvaldumine. See kõrvaldatav tuumaaine osa ongi nähtavasti depressiooni põhjuseks, häirides normaalset hulgalist (kvantitatiivset) suhet tuumaplasma (karüoplasma) ja tsütoplasma vahel. Nagu konjugatsioonigi puhul, nii pooldub ka siin alalpüsiv ¼ mikronukleusest kaheks osaks, millest üks areneb makronukleuseks, teine aga mikronukleuseks. Kingloomal (*Paramaecium caudatum*) toimub selline tuumaaparaadi uuenemine iga 40—50 pooldumise järel (ligikaudu üks kord kuus).

Öeldust selgub, et infusooride tuumaaparaadi uuenemine võib toimuda ka ilma konjugatsioonita. Sellist tuumaaparaadi uuenemist nimetatakse endomiksiseks ja võrreldakse hulkraksete loomade partenogeneesiga e. neitsisigimisega.

Muudest konjugatsiooni tulemustest seisab nähtavasti esikohal tingimuste soetus pärilikkude omaduste muutuseks konjugeeruvais infusoorides. Nagu hulkrakseil loomil munaraku viljastamisel seemnerakuga emase ja isase tuumaaine segunemine võimaldab pärilikkustegurite (geenide) uusi kombinatsioone,

nii tekivad ka igas konjugeeruvas infusooris uued, uusi tunnuseid põhjustavad pärilikkusaine (geenide) ühendlused.

Ehkki konjugatsioon toimub tavaliselt nende antud liigi isendite vahel, kel on sama genotüüp, s. o. kes on pärivuselt ühesugused, võivad konjugandid kuuluda ka sama liigi eri genotüüpidesse.

On teada, et infusoore võib harjutada elama normaalseist erinevais elutingimustes (näit. As-ühendite lahuseis). Vaatamata sellele et need uued, isendi elu kestel saadud omadused pärandatakse põlvkondade jooksul eellasilt järglasile, kaovad nad lõpuks ometi ära. Sellepärast kutsutaksegi neid mõnda aega esinevaid uudistunnuseid v ä l t e m o d i f i k a t s i o o n i d e k s (Dauermodifikationen). Need vältemodifikatsioonid püsivad infusooridel seni, kuni nad sigivad pooldudes. Toimub aga antud infusooridega konjugatsioon, kaovad vältemodifikatsioonid sedamaid.

Öeldust selgub, et infusooride konjugatsioonil on peale ülalmainitud ülesannete (tuumaaparaadi noorendamise ja uute pärilikkussugemete kombinatsiooni) veel võime hävitada infusoorides välistegurite toimel tekkivaid tunnuseid.

Raku sigimine. Üks olulisemaid raku eluavaldusi on ta s i g i m i n e, mis tavaliselt toimub p o o l d u m i s e, harvemini l õ h u s t u m i s e teel. Pooldumisel soonistub emarakk k a h e k s tütarrakuks, lõhustumisel aga tükeldub ta korraga m i t m e k s tütarrakuks (joon. 15).

Pooldumisel tekkivad tütarrakud on harilikult ligikaudu ü h e s u u r u s e d. Harvemini on üks tütarrakk teisest suurem. Viimasel juhul kõneldakse ka raku p u n g u m i s e s t. Raku pungumisel esineb suurem tütarrakk e m a r a k u n a, vähem aga temast eraldunud p u n g a n a. Ka võib üks rakk (näit. infusoor keraimiklane) soetada korraga mitu punga.

Kuid kõige harilikumaks raku sigimisviisiks on ikkagi pooldumine kaheks ühesuuruseks tütarrakuks, kusjuures enne rakukeha pooldumist pooldub rakutuum.

Rakutuumaga toimuvate muutuste alusel tehakse vahet k a u d p o o l d u m i s e e. k a r ü o k i n e e s i (ka

mitoosi) ja otsepooldumise e. amitoosi vahel. Kaudpooldumisel toimuvad tuumaga keerulised morfoloogilised muutused. Otsepooldumisel soonistub ematuum tavaliselt ilma erilise ehituse-muutuseta kaheks tütartuumaks.

Rakukeha (tsütosoomi) pooldumist kutsutakse tsütokineesiks.

Ehkki karüokineesi (kaudpooldumise) ja amitoosi (otsepooldumise) all tuleb põhimõtteliselt mõista ainult rakutuuma sigimist, märgitakse nende nimedega tavaliselt raku (s. o. niihästi rakutuuma kui ka rakukeha) paljunemist.

Karüokinees e. **mitoos.** Tuumaga toimuvate struktuuriliste (koetise-) muutuste alusel jaguneb karüokinees e. rakutuuma kaudpooldumine 4 astmeks e. faasiks: 1) profaas e. eelaste, 2) metafaas e. järelaste (ka vaheastmeks nimetatud), 3) anafaas e. lahkaste ja 4) telofaas e. lõppaste.

Profaas e. eelaste. Rakutuuma e. lihtsalt raku kaudpooldumine algab sellega, et niihästi tuum kui ka rakukeha paisub veidi suuremaks ja rakk kui tervik omandab ümmarama kuju.

Kuna kromatiin puhkavas tuumas tavaliselt esineb erineva suurusega ja eri vormi kambakeste ja sõmeratena, muutub ta nüüd peeneteralisemaks ja paigustub tuumavõrkmikus hajusamalt.

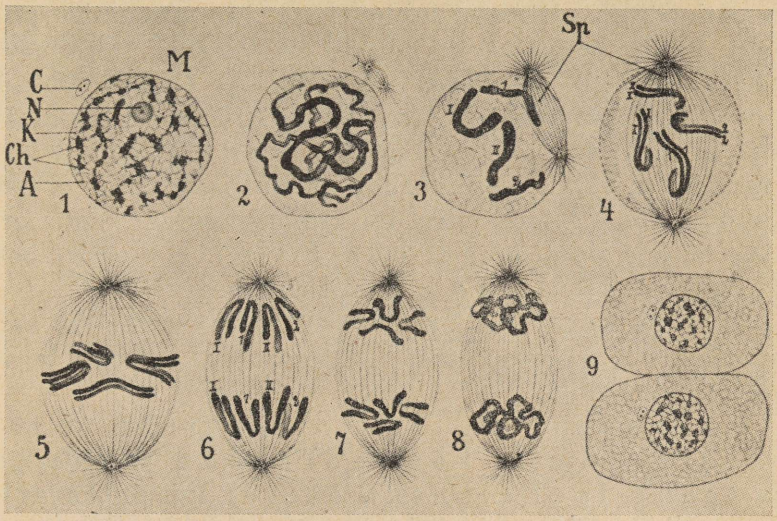
Sellisest ühetaolisema koostisega võrkmikust areneb kas ühestainsast pikast või mitmest lühemast kromatiininiidist koosnev kägaraks mässunud päsmake, nn. spireem (skein) e. niitkera.

Teistel juhtudel tekivad tuumavõrkmikus paigustatud e. lokaalsed kromatiinitihendused, nn. prokromosoomid e. eeltuumalajud, milledest igaühest tekib päsmakeseks kägardunud kromatiininiit.

Alguses on tuuma spireem tihedam, hiljem hõredam.

Nüüd lõigustub spireeminiit (või niidid) lühemaiks tükkideks, milledel sageli on loogakese kuju. Need

on kromosoomid e. tuumalajud. Et suurem osa tuuma-ainest võtab osa spireeminiidi tekkimisest, siis on kindel, et spireeminiidist moodustuvad kromosoomid koosnevad niihästi aluseliste värvidega värvuvast basikro-



Joon. 18. Karüokinees (mitoos) e. rakutuuma kaudpooldumine. 1 — puhkav tuum interfaasis (interkineesis) e. vaheastmes; A — akromatiin e. liniin (ka: oksükromatiin); C — tsentrosoom e. keskmekehake diplosoomi e. kaksikteraga, mis üheskoos moodustavad tsütotsentrumi e. rakukeskme; Ch — kromatiin; K — karüolümf e. tuumamahl; M — karüoteek e. tuumakest; N — plasmosoom e. päristuumake. 2 — kromatiin on kujunenud kägarasse mässunud päsmakeseks, nn. spireemiks e. niitkeraks; tsütotsentrumid on kaheks pooldunud, neid ühendab käävi suge ja ümbritsevad astrosfäärid e. kiirkerad (kiirkonnad). 3 — spireeminiit on kujunenud lühemaks ja jämedamaks ning lõigustub 4 kromosoomiks, millest 2 on emased (I ja 2) ja kaks isased (I ja II); tsütotsentrumeid ühendav kääv (Sp) hakkab tuumasse tungima. 4 — iga kromosoom pooldub pikuti kaheks tütarkromosoomiks; tuumakest lahustub; rakukeskmed rändavad tuumanabadele; nende kiirkerad e. astrosfäärid on kasvanud tähtedeks e. asteriteks, mis koos kannavad kaksiktähe e. amfiasteri nime; 5 — pikuti pooldunud kromosoomid asuvad käävi ekvaatori tasapinda, moodustades siin ekvatoriaalplaadi e. poolitajaliistaku e. monasteri e. üksik-(ema-)tähe; lookjate kromosoomide keskosad on suunatud käävi telje poole, otsad aga piirde poole. 6 — tütarkromosoomid rändavad (arvatavasti mantel-(tõmbe-) kiukeste tõmbel käävi nabade poole. 7 — diasteri e. kahelitähe seisund; 8 — dispireem e. kaheli-kerajärk. 9 — rakukeha soonistub kaheks pooleks ja tuumad omandavad puhkava tuuma kuju (algab interfaas (interkinees) e. vaheaste). 2, 3, 4 — profaas e. eelaste; 5 — metafaas e. järelaste; 6, 7 — anafaas e. lahkaste; 8, 9 — telofaas e. lõppaste. 1 kuni 8 kujutavad ainult tuuma, 9 nii tuuma kui ka rakukeha.

matiinist kui ka hapude värvidega värvuvast oksükromatiinist, s. o. liniinist e. plastiinist.

Üldse näib olevat kromosoomes esineva basi- ja oksükromatiini suhteline hulk eri loomaliikidel erinev ja samuti näib see erinevat ka sama indiviidi rakkudes viimaste elu eri perioodidel. Ühtedel juhtudel on kromosoomide ollus täiesti ühtlik, homogeenne ja nad on täiesti basikromaatilised (aluseliste värvidega värvuvad). Teistel juhtudel koosnevad kromosoomid tõhusalt värvuvaist basikromaatilisist teradest, nn. kromomeeridest, mis on paigustatud vähem värvuvaisse oksükromaatilisisse liniini- e. plastiininiitidesse. Mõnel juhul on kromosoomide koetis profaasis hõre ja ainult nõrgalt basifiilne e. aluselembene või isegi oksüfiilne e. happelembene.

Umbes samal ajal, mõnikord pisut vareminigi, kaob tuumake, s. o. päristuumake (plasmosoom), otsekui lahustudes tuumamahla.

Rakukese e. tsütotsentrum (s. o. tsentrosoom e. keskmekehake ja selles peituv tsentriool e. keskmetera), mis puhkavas rakus tavaliselt vähe silma paistab, esineb nüüd heleda astrosfäärist e. tähtkerast ümbritsetud täpina. Kui ta mitte juba varemalt pole pooldunud, siis jaguneb ta nüüd kaheks.

Kumbagi rakukeset ümbritsev astrosfäär kasvab sirgjoonelisist protoplasmakiukesist kiirtepärjaks e. kiirtekrooniks e. täheks e. asteriks. Suurem osa tähe kiirist kaob rakukeha piirdepoolse protoplasma koetistesse või kinnitub rakukesta külge, kui see esineb.

Nüüd kaob tuuma kest ja teine osa tähe kiirist tungib kromosoomideni. Kromosoomid ühes liniinivõrkmiku jäänuste ja tuumamahlaga satuvad tsütoplasmasse. Mõlemat rakukeset aga ühendab käävjas kiirtekimp — käävi e. keskmekääv. Tähtedest ümbritsetud rakukeskmed ühes neid ühendava kääviga moodustavad nn. amfiasteri e. kaksiktähe.

On võimalik, et kogu kiirkond, s. o. niihästi mõlemad

tähed kui ka kääv tekivad osalt rakukeha protoplasmast (tsütoplasmast), osalt tuumaplasma (karüoplasma) akromatiinsest ainest, s. o. liniinist (plastiinist) e. oksükromatiinist.

Paljudel ainurakseil loomil, kel tuumakest ära ei kao ja rakukeskmed asetsevad tuumas, tekib kiirkond ainult tuumaplasma akromatiinsest ainest.

Rakukeskmed oma tähtedega rändavad aegamööda tuumanabadele ja kääv nende vahel venib pikemaks.

Kaksiktäht ühes rakukeskmeid ühendava kääviga (keskmekääviga) kannab akromatiinkuju (-figuuri) nime. Akromatiinkuju moodustavat protoplasmat kutsutakse arhiplasmaks e. kinoplasmaks.

Metafaas e. järelaste (ka vaheaste). Kääv on nüüd oma arengu haripunkti jõudnud ja ta pikktelg ühtib raku pikkteljega. Kromosoomid on kujunenud lühemaks ja jämedamaks. Profaasi lõpul asetsesid nad korratult, nüüd aga asuvad korrapärases järjestuses käävi ekvaatori tasapinda, moodustades nn. ekvatoriaalplaadi (-liistaku) e. poolitajaliistaku. Ekvatoriaalplaati nimetatakse ka monasteriks e. üksik- (ema-) täheks.

Ekvatoriaalliistaku korrastuses esineb kaks tüüpi.

I tüüp. Kromosoomid asetsevad ringina ümber käävi. Seda tüüpi peeti varemalt tavalisemaks. Tõepoolest aga on see haruldasem.

II tüüp. Kromosoomid asetsevad käävi sees. Seega ulatub ekvatoriaalne liistak läbi kogu ekvaatori. See tüüp on tavalisem.

Kujult on loomalisis rakkudes esinevad kromosoomid kas niitjad, kepjad, pulkjad, munajad või kerajad. Niitjad on kas enamvähem sirged või lingu laadi. Kepjad on kas sirged või looga või haagi laadi.

Samas ekvatoriaalplaadis võivad esineda kujult mitmesugused kromosoomid. Samuti võib erineda ka antud lajukogumikku kuuluvate kromosoomide suurus.

Kui suuruse vahe antud raku kromosoomide vahel on hästi silmapaistev, asetsevad vähemad kromosoomid tavali-

selt ekvatoriaalplaadi keskmepoolsemas, suuremad aga piirdepoolsemas osas.

Kõigis keharakkudes peale valminud sugurakkude esineb antud kujuga ja suurusega kromosoome tavaliselt ikka k a k s. Teiste sõnadega — antud ekvatoriaalplaadi kromosoomid on paarikaupa ühesugused. Sellised kujult ja suuruselt ühte laadi kromosoomid on h o m o l o o g s e d e. s a m a n d i l i s e d.

Homoloogsed kromosoomid asetsevad sageli üksteise lähedal või koguni paaristikku (kõrvuti).

Hiljem (vt. seemendamine) näeme, et iga homoloogse kromosoomipaari kromosoomidest üks paarnik põlvneb antud looma emalt, teine isalt. Seega koosnevad kaudpooldumisel esinevate rakkude kromosoomikogumikud (peale valminud sugurakkude) kahest rühmast e. g a r n i t u u r i s t, millest üks on (nagu hiljem näeme) pärit emalt (munaraku kaudu), teine isalt (seemneraku kaudu). Seejuures on antud garnituuri igal liikmel teises garnituuris homoloogne (samandiline) paarnik (joon. 19).

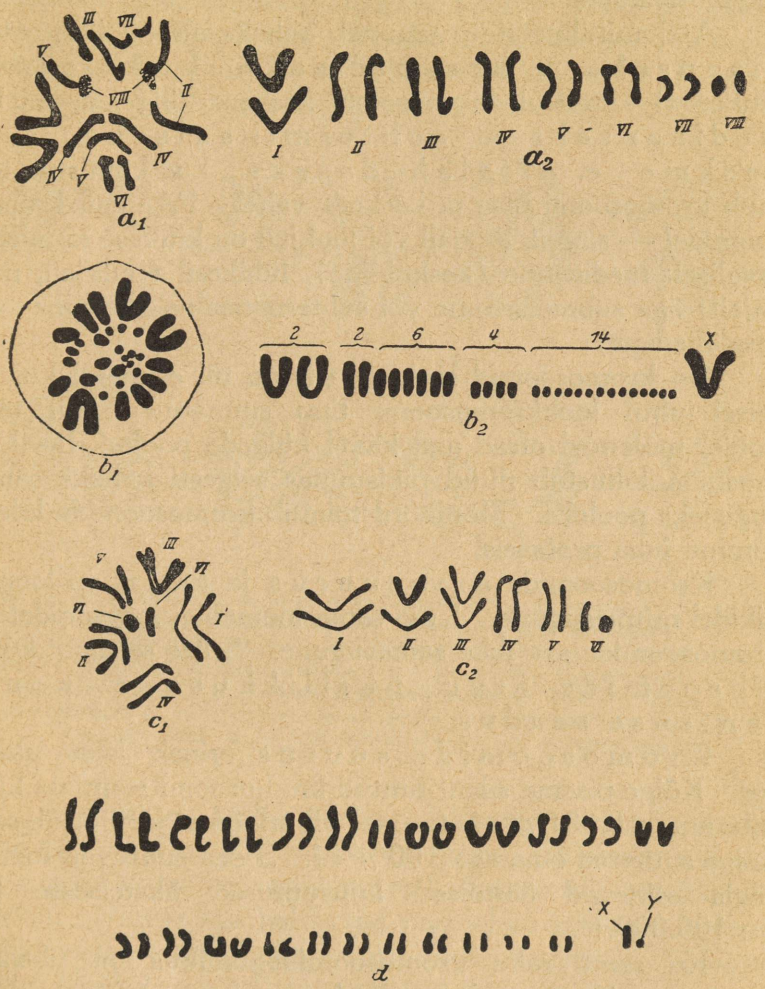
Öeldust selgub, et looma keharakud peale valminud sugurakkude (s. o. muna- ja seemneraku) sisaldavad 2 kromosoomigarnituuri, s. o. nende kromosoomiarv on k a h e l i n e e. d i p l o i d n e. Ainult valminud (küpsedel) sugurakkudel on üksainus kromosoomigarnituur. Nende kromosoomiarv on ü h e l i n e e. h a p l o i d n e.

Vastandina keharakkudele ja valmimata sugurakkudele, kus kõik antud kromosoomigarnituuri liikmed on pärit kas ainult emalt või ainult isalt, võivad valminud sugurakkude kromosoomigarnituuri liikmed põlvneda ja põlvnevadki tavaliselt osalt emalt, osalt isalt.

Metafaasi kromosoomid on kõik ühendatud vastavate rakukeskmetega keskmeaparaadi kiirkonna kiukeste varal. Igale kromosoomile kinnistub kas üksainus või mitu kiirkonna kiukest.

Tavaliselt kinnistuvad kiukesed ainult ühele kromosoomiosale, harvem aga kromosoomile kogu ta ulatuses, moodustades siis nn. l a t e r a a l s e e. külgmise kinnistustüübi.

Kromosoomi ühe osaga piirduval kinnistusvormil esineb omasoodu kaks tüüpi. Terminaalne e. otsmine kiukese kinnistus toimub kromosoomi otsal.



Joon. 19. Algseemnerakkude paljunemisel esinevad kromosoomigarnituurid e. lajukogumikud. a — lamekaanil *Glossosiphonia;* a1 — kromosoomid ekvatoriaalplaadi (e. poolitajaliistaku) seisundis; a2 — ritta korrastatud homoloogsed kromosoomipaarid I, II, III jne,; igas kromosoomipaaris on üks emane, teine isane. b — ritsiklasel *Locusta viridissima;* b1 ja b2 nagu a1 ja a2. c — kärbsel *Calliphora erythrocephala;* c1 ja c2 nagu a1 ja a2. d — inimesel; x ja y — sugukromosoomid.

Mitte-terminaalne e. atelomiitiline on see juhtum, kus kiirkonna kiuke (resp. kiukesed) ei kinnistu mitte kromosoomi otsa, vaid mõne muu kromosoomiosa külge.

Atelomiitiline tüüp jaguneb kaheks alatüübiks: mediaanseks e. keskpidiseks, kus kiuke (resp. kiukesed) kinnistub kromosoomi keskosa külge, ja submediaanseks e. subterminaalseks, s. o. keskme- e. otsalähedaseks, kus kinnistus toimub kromosoomi otsa ja keskosa vahel. Pikemail kromosoomidel — sirgeil, lingjail või lookjail on kiukese kinnistus tavaliselt mediaanne (keskpidine), lühikesil (pulkjail, munajail) aga submediaanne või subterminaalne (keskme- või otsalähedane).

On kromosoomid lookjad, siis on nii esimesel kui ka teisel juhul lookkromosoomi tipp suunatud käävi telje poole, mõlemad otsad aga käävi külgede poole. Iga kromosoom lõhustub nüüd pikisuunas selgesti kaheks samasuguseks pooleks. Mõnikord toimub kromosoomide lõhustumine juba profaasis.

Kromosoomide arv, suurus ja kuju on loomaliikidel mitmesugune. Kuid sama loomaliigi indiviididel on kromosoomide arv ikka samasugune. Selles seisneb kromosoomide arvu püsilikkuse e. konstantsuse seadus.

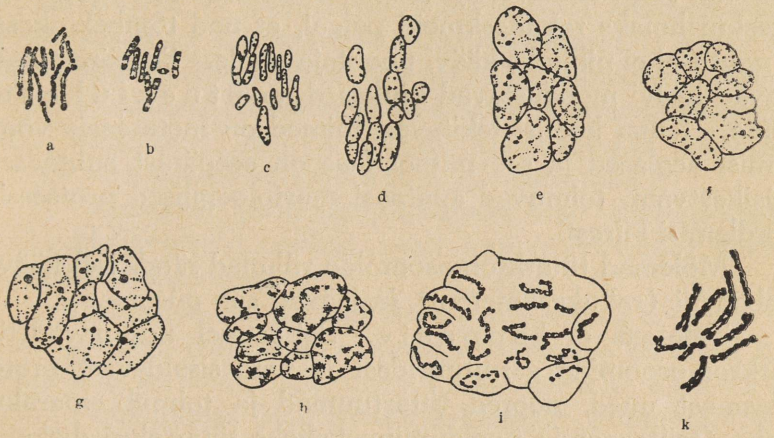
Kromosoomide suurus erineb laias ulatuses. Kõige pisema siiani tuntud kromosoomi ruumala küünib ainult 0,001 μ^3-ni (mõnel viburloomal ja juurjalgsel), kõige suurema oma aga 100 μ^3-ni. Seega suhtuvad loomariigis esinevad äärmised lajusuurused üksteisesse kui 1 : 100.000.

Ka sama raku kromosoomikogumikus on üksikud kromosoomid suuruselt tavaliselt üksteisest erinevad. Pisikesi kromosoome kutsutakse siin mikrokromosoomideks e. pisi(-tuuma)lajudeks, suuri makrokromosoomideks e. suur(-tuuma)lajudeks.

Mõnikord koonduvad üksikud kromosoomid üheks

kogumkromosoomiks. Teistel kordadel tükelduvad kromosoomid osadeks.

Kogupilti, mida pakub karüokineesiseisundis viibiv rakutuum oma kromosoomidega, tõmbe- ja toetuskiukeste süsteemidega ning kiirte pärgadest ümbritsetud rakukeskmetega, kutsutakse karüokineetiliseks figuuriks e. kaudpooldumiseliseks kujuks,



Joon 20. Kromosoomid ja karüomeerid e. tuumapõied ühe luukala (*Fundulus*) arenevast munast tekkinud lõigustusrakkudes (vt. lõigustus e. muna segmentatsioon). a kuni d — anafaasi e. lahkastme kromosoomide paisumine karüomeerideks. e, f — tuuma karüomeerid telofaasi e. lõppastme lõpul. g — karüomeeridest koosnev puhkav tuum. h — varane profaas e. eelaste; i — hiline profaas; karüomeerides tekivad uued kromosoomid. k — metafaasi (järelastme) kromosoomid.

Anafaas e. lahkaste. Ekvatoriaalplaadi ema-kromosoomide pikipooldumisest tekkinud tütar-kromosoomid paigustuvad alguses tihedalt üksteise kõrval. Hiljem aga hakkavad nad lahku minema ja aegamööda vastavate rakukeskmete poole rändama. Monasterist e. üksik-(ema-)tähest on nüüd tekkinud diaster e. kahelitäht.

Tütarkromosoomide lahkumine algab ikka seal, kus neile on kinnistatud rakukeskmete kiirkonna kiukesed. Lingjate või lookjate kromosoomide puhul algab lahkuminek lingu või looga ladvas, s. o. kromosoomi keskel.

Näib, nagu põhjustaks tütarkromosoomide lahutust ja rännakut rakukeskmete poole neile kromosoomidele kinnistatud kiukeste tõmme. Seepärast kutsutaksegi kromosoomidele kinnistatud kiirkonna kiukesi tõmbekiukesiks. Et tõmbekiukesed katavad käävi, nimetatakse neid ka mantlikiukesiks. Tõmbekiukeste tööd näib soodustavat mõlema rakukeskme e. tsütotsentrumi (tsentrosoomi resp. tsentriooli) vahele sirutatud kääv. See kääv otsekui hoiaks rakukeskmeid paigal, et nad tõmbekiukeste pingutusel ei nihkuks käävi poolitaja poole. Seepärast kannavad käävi moodustavad kiukesed toetuskiukeste nime. Kuna koetisi tekitavad toimed on metafaasis võrdlemisi aeglased ja see mitoosifaas on seepärast suhteliselt püsikestvam, toimuvad anafaasi morfoloogilised protsessid võrdlemisi kiiresti.

Mõlemad tütarkromosoomide rühmad rändavad käävinabadeni (rakukeskmeteni) ja jäävad siia püsima.

Telofaas e. lõppaste. Sel astmel kujunevad tütarkromosoomide garnituuridest ja neid sisaldavast protoplasmast uued, noored tütartuumad ja toimub emarakukeha (tsütosoomi) pooldumine kaheks tütarrakukehaks.

Esineb kolm tüüpi tuumateket e. karüogeneesi.

Kõige lihtsam, kuid haruldasem tuuma tekkimistüüp seisneb selles, et iga kromosoom paisub nn. tuumapõiekeseks e. karüomeeriks. Hiljem ühinevad kõik karüomeerid üheks tervikuks, mis esinebki tuumana. Karüomeeride välisseintest tekib tuumakest, kuna nende eespoolsed seinaosad kaovad (joon. 20). Niiviisi tekkinud tuum on alguses väike, korratute piirjoontega ja vähese värvumisvõimega. Hiljem paisub ta suuremaks, kujuneb ümmaraks ja ta võrkmiku värvustamisvõime tugevneb.

Juhul, kui karüomeeride seespoolsemad seinad jäävad püsima või kui nende kadu on ebatäielik, tekivad korratu välisilmega sagarjad, nn. polümorfsed e. mitmekujulised tuumad.

Tuuma moodustavate karüomeeride esinemisel, nagu hiljem näeme, põhineb suurelt osalt nn. kromosoo-

mide (tuumalajude) individualiteedi e. isendilisuse teooria. See seisneb selles, et antud loomaliigile omaseist kromosoomidest on igaüks olemuselt midagi püsivat (jäävat, alatist), hoolimata ta näivast kaost tuuma kaudpooldumisele järgnevas tuuma puhkeseisundis.

Teisel, kõige sagedamini esineval tuuma kujunemistüübil leiame, et kromosoomid hargnevad, arendades korratu võrkmiku (tuumavõrkmiku, retiikulumi). Ühes sellega ilmuvad kromosoomides arvukad kublikud (vakuoolid). Viimased paisuvad ja lõhkevad, muutes kromosoomi sisu võrkjaks. Nii kujunevad kromosoomid peenemat võrku sisaldavaks võrkmikuks e. tuumasarraks.

Tuumakest tekib siin nähtavasti osalt kromosoomide rakukeha-poolseist osadest, osalt tuumavõrkmikku ümbritsevast tsütoplasmast.

Kolmas on nn. kromoneemi- e. värviniiditüüp. Siin tekib igas telofaasi või hilisema anafaasi kromosoomis spiraalne niit, nn. kromoneem e. värviniit, mis hiljem lahti rullub ja hargneb tuumavõrkmiku osaks. Et kumbki tütartuum nüüd meenutab spireemi- e. kerajärku, siis kannab see karüokineesi-aste ka dispireemi e. kaheli-kerajärgu nime.

Päristuumakesed e. plasmosoomid tekivad tuumas tilkjate kuulikestena, mis hiljem ühinevad kerajaks tuumakeseks. On tõenäoline, et nad tekivad tuumavõrkmiku suhtes iseseisvalt.

Rakukeha poolitamist algatab raku poolitaja piirkonnas tekkiv rõngakujuline virg. See virg süveneb ja jaotab emaraku keha kaheks tütarrakuks, millest igaüks sisaldab oma tuuma. Poolitades emarakku lõikab see virg pooleks ka mandumisel oleva käävi.

Käävi poolitaja piirkonnas on harukorril tähele pandud sõmerate rida. Need sõmerad värvuvad samuti kui kromatiin ja kannavad Flemmingi vahekehakeste nime. Neid moodustisi võib võrrelda poolduvate taimerakkude poolitaja piirkonnas esineva kahe sõmerareaga, mille vahel tekib esmane tselluloosist rakukest.

Rakutuuma kest tekib alles peale käävikiustiku kadu.

Hiljem kaob ka tsütotsentrumit (s. o. tsentrosoomi tsentriooliga) ümbritsev astrosfäär ja selle pikendusena esinev aster, s. o. kogu rakukeskme kiirkond.

Rakukeskme tsentriool e. keskmetera pooldub sageli diplosoomiks e. kaksikteraks, millest kumbagi võib ümbritseda oma tsentrosoom ja uus astrosfäär.

Raku puhkeperioodi, s. o. ajavahemikku eelneva telofaasi ja järgneva profaasi vahel nimetatakse interfaasiks e. vaheastmeks (ka interkineesiks). Peale interfaasi, mille kestvus on eri loomaliikidel erinev, alustab uus profaas uut karüokineesi. On tähele pandud, et üksteisele järgnevate karüokineeside käävid on väga sageli üksteise suhtes püstloodsed, ühtides ühtlasi järgemööda ruumi kolme põhisuunaga.

Nagu interfaasi (e. interkineesi), nii on ka karüokineesi kestus eri loomaliikidel erisugune ja oleneb temperatuurist. Süstikkalal vältab karüokinees temperatuuris 18—19° C ligikaudu 1 tunni, kaladel (mudilane, *Crenilabrus*) 15—19° C juures 30—40 minutit, salamandril temperatuurist olenevalt 2—5 tundi, inimesel nähtavasti ½ tundi. Üldse on karüokineesi kestus soojaverelisil lühem kui külmaverelisil. Soojus tõstab karüokineesi kiirust. Kahepaikseil kasvab karüokineesi kiirus teatavais piirides iga 10° C tõusu puhul kahekordseks.

Karüokineesile virgutavad rakke ka nekrohormoonid e. haava-ärritinõred e. kärbusärritinõred, s. o. ained, mis tekivad keha haavamise puhul vigastatud või purustatud rakkudest.

Karüokineesi võivad esile kutsuda ka nn. mitogeneetilised e. kaudpooldumist tekitavad kiired. Mitogeneetilisi kiiri saadavad endast välja karüokineesitoimes olevad rakud. Oma füüsilisilt omadusilt sarnlevad mitogeneetilised kiired ultravioletsete kiirtega (lainepikkus 340 m μ).

Jahutavad ja uimastavad ained, happed, ülikõrge surve

ja muud elutoimet häirivad tegurid aeglustavad karüokineesi.

Lahendamata on küsimus, kus peitub tõuge karüokineesiks — kas tuumas, tsütoplasmas või tsütotsentrumis. Mis puutub kromosoomide pooldumisse tütarkromosoomideks, siis näib see toime olevat isetekkiv (spontaanne), peamiselt sisemisist põhjusist tingitud, samuti kui tsütotsentrumi tsentriooli (resp. tsentrosoomi) pooldumine.

Karüokineesis ilmnevaid morfoloogilisi toimeid on püütud seletada ka füüsikaliste hüpoteesidega.

Gallardo hüpotees. Et karüokineetilises figuuris esinev protoplasmakiirestik elavalt meenutab magnetitungi-jooni, oletab Gallardo, et karüokineesis töötavad elektromagnetilised jõud, kus rakukeskmed etendavad magnetinabade osa.

Heidenhaini hüpoteesi järgi on rakukeskme, tuuma ja rakukeha pooldumise põhjuseks rakukeskmest kiirjalt väljuvate protoplasmakiukeste (nn. orgaaniliste raadiuste) mehaanilise pinge tingimused. Neiks tingimusiks on tuuma asend rakus ja rakuturgorist (rakumahlas valitsevast rõhust) põhjustatud rakukeha väliskihtide pinge.

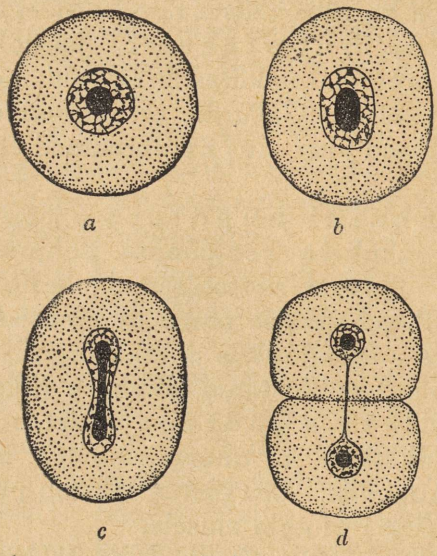
Rhumbleri hüpotees seletab karüokineesikujundeid rakukeskme ja tuuma võimega imeda endasse osmootselt rakumahla. See oletus rajaneb protoplasma vahulise (spumoidse) teooria alusele.

Otsepooldumine e. amitoos on karüokineesiga e. kaudpooldumisega võrreldes lihtsam ja ürgsem raku sigimisvorm. Siin ei toimu tavaliselt tuumaga keerukaid morfoloogilisi muutusi. Tuum ühes tuumakesega soonistub aegamööda kaheks võrdseks või erineva suurusega pooleks. Alguses on mõlemad tütartuumad üha peeneneva ühendusniidi varal teineteisega ühenduses. Hiljem aga katkeb see niit ja rakutuumad kujunevad iseseisvaks. Ühes sellega pooldub ka rakukeha, kusjuures emarakust kujuneb kaks ligikaudu ühesugust tütarrakku (joon. 21).

Mõnel amitoosiks peetud juhtumil on tähele pandud, et liniinil on kiudjas korrastus ja et kromatiin koondub poolduva tuuma otstesse. Teistel kordadel esinevad veel ilme-

kamad vahetüübid otse- ja kaudpooldumise (mitoosi ja amitoosi) vahel. Neid juhtumeid tähistatakse üldnimetusega promitoos e. eel-kaudpooldumine.

Varemalt peeti amitoosi karüokineesiga samaväärseks ja eriti algloomil laialt esinevaks tuuma sigimisvormiks. Nüüd aga on selgunud, et ainult väheseil korril võime tuuma pooldumist ilma kahtluseta pidada amitootiliseks. Siiani kirjeldatud algloomade amitoosid osutusid maskeeri-



Joon. 21. Rakutuuma otsepooldumise e. amitoosi skeem.

tud karüokineesiks. Ainult infusooride makronukleuse (suurtuuma) kohta on amitoos vastuvaidluseta kindlaks tehtud.

Ka hulkrakseil loomil pole ehtne amitoos mitte nii sage kui usuti varemalt. Üksikuil korril võib siin amitoos küll esineda (näiteks lootekatteis, vastsündinud hiire kõluste rakkudes jne.), kuid enamik siiani kirjeldatud amitoosijuhtumeid on osutunud täpsemail vaatlusil tuuma fragmentatsiooniks e. tükelduseks.

Sellist tuuma tükeldusel põhinevat näivat amitoosi leiame näiteks kodujänese keskmete (mesenteeriumi) me-

senhüümi-(vahekoe-)rakkudel. Siin soonistub tuum sageli kaheks pooleks, kusjuures poolte vahel võib tähele panna rakukeset (tsütotsentrumit) kaksiktera (diplosoomi) kujul. Või jälle tuuma piirdeosast eralduvad üksikud osad — karüomeerid e. tuumapõiekesed. Viimane asjaolu on nähtavasti seoses tuumapinna suurenemistarbega. Kuid tüübiline rakukeha (tsütosoomi) pooldumine jääb ära. Sellele näivale amitoosile järgneb aga tavaline karüokinees (kaudpooldumine). Siin kujunevad mõlemast tuumapoolest või tuumast ja selle pinnajätkeist (karüomeeridest) kromosoomid, mis kõik koonduvad metafaasis (järelastmes) tavaliseks tuuma pooldumiskujuks (ekvatoriaalplaadiks).

Päris- ja näiv amitoos esinevad rakkudel tavaliselt kas kehahaavade kinnikasvamise (regeneratsiooni e. taastekkimise) puhul või hoogsas toitumisseisundis, s. o. tõhusa ainevahetuse korral, või jälle ebasoodsais välisoludes (madala temperatuuri, uimastavate ainete mõjul). Viimast juhtumit tõestavad katsed (Hacker) sõudiklase (*Cyclops*'i) munadega, kel eetri mõjul karüokinees (mitoos) muutus amitoosiks. Viimane juhtum seletub sellega, et rakk enne hukkumist (eetriga mürgistusel) püüab võidelda ebasoodsate oludega, tõhustades oma ainevahetust. Tõhus ainevahetus aga on, nagu nägime varemalt, sageli seotud amitoosiga.

Raku sigimise ja karüokineesi füsioloogiline tähtsus. Raku põhilisemaid eluavaldusi on k a s v a m i n e. Iga rakuliiki iseloomustab talle omane k a s v a m i s p i i r, mille saabumisel raku ruumala tavaliselt enam ei suurene.

Kerakujulise keha kasvades selle r u u m a l a suureneb raadiuse kuubis, p i n d a l a aga raadiuse ruudus. Järelikult suureneb keha ruumala kiiremini kui pindala.

Kui kujutella keraja keha asemel elavat, kasvavat rakku, siis peab saabuma raku kasvades moment, mil jõudsamini suurenev rakumass ei jõua toituda, hingata ega eritada napimalt suureneva rakupinna kaudu. Peab saabuma kriis, mille lihtsamaks lahenduseks on raku p o o l d u m i n e kaheks tütarrakuks. Elava aine mass (ehkki nüüd kahe raku kujul) on endine, kuid mõlema raku kogupind

on endisest kaks korda suurem ja seega ainevahetusega seotud toimed (toitumine, hingamine, eritamine) hoopis lahedamini teostatavad. Järelikult on raku pooldumine üliotstarbekohane nähtus, mis soodustab raku elutoime aluseks olevat ainevahetust ja võimaldab raku ja rakkudest koosneva elusolendi kasvamist.

Karüokineesi eriomane ülesanne avaldub kromosoomide pooldumises tütarkromosoomideks. Geneetiliste ristluskatsete ja tsütogeneetiliste kromosoomiuuringute alusel on otsusele jõutud, et tõu- ja osalt ka liigitunnuste pärilikkustegurid e. geenid peituvad kromosoomides.

Morgani oletuse järgi paigustuvad geenid kromosoomis sirgjoonelise reana üksteise kõrval. Tuleb oletada, et kromosoomide pikipooldumisel neis sisalduv geenirida pooldub kaheks. Kui geenid on raku tõu- ja osalt ka liigitunnuste kandjad, siis antakse nende kaudu kõik poolduva raku vastavad tunnused edasi tütarrakkudele.

Väga sageli koosnevad kromosoomid väikesist basikromatiiniteradest, nn. kromomeeridest, mis nagu helmed nööris asetsevad oksükromatiinis (liniinis). See tähelepanek on kooskõlas Morgani oletusega, ehkki geeni ei saa samastada kromomeeriga, sest geen kui hüpoteetiline arend pole vastandina kromomeerile meeleliselt tajutav. On tõenäoline, et iga kromomeer sisaldab mitu reas asetsevat geeni. Ka on võimalik, et mõnes kromomeeris geenid puuduvad.

Kromosoomide arvu konstantsuse e. püsilikkuse seadus. Karüokineesis esinevate kromosoomide arv (nn. normaalarv e. N) on üldiselt igal loomaliigil püsiv ja enamasti jagatav arvuga 2 (sageli ka arvuga 3). Kromosoomiarvu konstantsuse printsiipi e. Boveri seadust võib formuleerida ka järgmiselt: profaasis tekib tuumast niipalju kromosoome, kuipalju neid tuumaks kujuneb telofaasis.

Hulkrakseil loomil esinev kromosoomiarv kõigub 2 ja 100—200 vahel. Üldiselt on arvud alla 10 ja üle 50 haruldased. Kõige tavalisemad arvud on 16, 18, 24, 32. Inime-

sel N = 48. Kõige vähem on normaalarv hiidpeasolkmetõul (*Ascaris megalocephala univalens*), kõige kõrgem mõnel kiirelisel juurjalgseist, ulatudes siin 1000—1600.

Enamikul algloomist aga kõigub N 2—10 vahel.

Mõnikord omavad terved sugukonnad ja seltsid sama kromosoomiarvu. Nii on neid näiteks paljudel põldritsikail 24, leheritsikail 34. Muis sugukonnis võib normaalarv tublisti kõikuda. Mõnikord leiame samasse liiki kuuluvast kahest loomatõust ühel 2 korda rohkem kromosoome kui teisel (näit. hiidpeasolkme-tõugudest on *Ascaris megalocephala var. bivalens*'il 4 kromosoomi ja *Ascaris megalocephala var. univalens*'il 2; mõlema solkme ristlusest on saadud värd (hübriid), kel N = 3).

Valminud sugurakkudes on kromosoomide arv (sugurakkude valmimistoimes esineva kahandumis- e. reduktsioonpooldumise tõttu — vt. sugurakkude valmimine) 2 korda vähem kui keha- (somaatilisis) rakkudes ja valmimata sugurakkudes. Sellist poole võrra vähenenud kromosoomiarvu e. nn. haploidset e. ühelist kromosoomiarvu tähistatakse tähega n. Seemendamisel muutub valminud muna haploidne kromosoomiarv uuesti normaalarvuks (N = 2 n), s. o. diploidseks e. kaheliseks.

Lihtkromosoomi nimetatakse univalentseks e. üheväärseks. Kaks tihedalt kõrvuti asetsevat ja seega üheainsa kromosoomina paistvat univalentset homoloogset kromosoomi moodustavad üheskoos bivalentse e. kaheväärse kromosoomi.

Koosneb aga selline näivalt lihtkromosoom rohkem kui kahest univalentsest kromosoomist, siis kannab see plurivalentse e. mitmeväärse kromosoomi nime.

Kui normaalne kromosoomiarv antud rakuvormil mingil põhjusel kasvab või kahaneb, siis esineb see uus arv ka kõigil antud raku järglasil. See tähelepanek on uueks tõestuseks kromosoomide arvu püsilikkuse seadusele.

Paljudel loomaliikidel on ühe sugupoole keharakkudel (somaatilistel rakkudel) ja valmimata sugurakkudel 1 kro-

mosoom rohkem kui teise sugupoole vastavail rakkudel. Seda erinevat kromosoomi ja tema homoloogset paarnikku, kui see esineb, kutsutakse X-kromosoomiks e. heterokromosoomiks e. eriktuumalajuks (ka: gonosoomiks e. sugutuumalajuks, idiokromosoomiks e. erikpaarlajuks). Vastandina heterokromosoomidele kannavad kõik teised antud raku kromosoomid autosoomide e. autokromosoomide (samiklajude) nime.

Loomad, kel emaste isendite keharakud ja valmimata sugurakud omavad 1 kromosoomi võrra enam kui vastavad isaloomade rakud, kuuluvad nn. Protenor'i-tüüpi (nahktiivalise putuka *Protenor belfragei* emaloomil on 14, isaloomil 13 kromosoomi).

Loomad, kel emaste isendite keharakkudel ja valmimata sugurakkudel on 1 kromosoom vähem kui vastavail isalooma-rakkudel, kuuluvad *Taleporia*-tüüpi (liblikalise *Taleporia tubulosa* emaloomil on 59, isaloomil 60 kromosoomi).

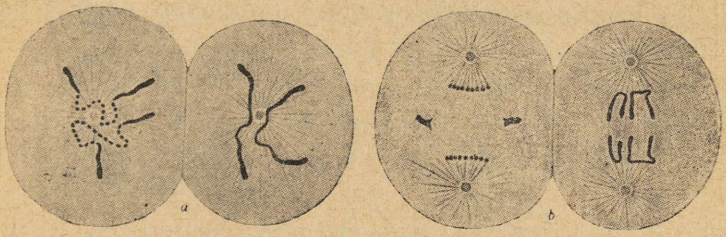
On huvitav, et liblikal *Abraxas* (Doncaster 1910 ja 1911) omavad enamik emaloomi ja kõik isaloomad 56 kromosoomi, teine (vähem) osa emaloomi aga 55.

Kromosoomide individualiteedi e. isendilisuse e. kontinuiteedi e. pidevuse teooria. Kromosoomide individualiteedi e. kontinuiteedi teooria kohaselt esinevad kromosoomid selliste tuumaosistena, mis püsivad ka tuuma puhkeperioodil (interfaasis e. interkineesis) ja järgnevais karüokineesides esile tulevad ikka jälle samal kujul, samas suuruses. Nagu rakk tekib liigisamasest rakust, nii võrsub ka iga kromosoom raku kaudpooldumsiel samalaadsest eellasest. Puhkava rakutuuma sarras (*reticulum*) on kromosoomide individualiteet ainult näivalt hävinud. Ülalkirjeldatud karüomeeride esinemine on kromosoomide individualiteedi teooria tähtsamaks aluseks.

Kromosoomide isendilisuse ja pidevuse printsiipi tõestavad ka ristluskatsed kahe eri perekonda (*Fundulus* ja

Menidia) kuuluva luukalavormiga. Ühel neist (*Fundulus*), kes ristlusel talitles isaloomana, on kromosoomid suured, teisel (*Menidia*), kes katses esines emaloomana — väikesed. Nende ristlusest tekkinud värral (hübriidil) on kromosoomid osalt suured (isalt päritud), osalt väikesed (emalt päritud), kusjuures antud suurusevahed jäävad ka hiljem selgesti püsima.

Ka kromosoomide arvu püsilikkuse seadus toetab kõigiti kromosoomide isendilisuse teooriat.



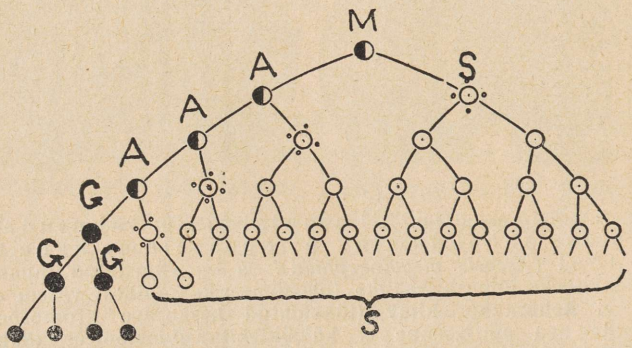
Joon. 21 A. Kromatiini diminutsioon e. rakutuuma värvustuva osa kahandumine hiidpeasolkme kahe tuumalajuga tõul (*Ascaris megalocephala*). a — viljastatud munarakk on pooldunud kaheks lõigustusrakuks (blastomeeriks), millest vasem on somatogeenne e. keharakku-tekitav (tükeldatud keskosaga kromosoomidega), parempoolne aga amfigeenne e. kaksiktekitav blastomeer (kahe terve, lintja kromosoomiga); b — eelmised rakud anafaasis (lahkastmes); somatogeenses (vasemas) rakus näeme poolitaja tasapinnas kromosoomide lahtilõhustunud otsi ja ülal ning all rida väikesi kromosoome, mis on tekkinud suurte kromosoomide keskosade tükeldumisel.

Kromatiini diminutsioon e. **tuuma värvustuva osa kahandumine.** Mitte alati ei toimu rakkude sigimise aluseks olev karüokineetiline protsess kõigis üksikasjus ülalkirjeldatud täpsusega. Huvitavaks kõrvalekaldeks tavalisest karüokineesist on nn. kromatiini diminutsioon e. tuuma värvustuva osa kahandumine, mida leiame näiteks hiidpeasolkme kahe kromosoomiga tõul *Ascaris megalocephala bivalens* (joon. 21 A ja 21 B).

Sel ümmarussil pooldub viljastatud muna hariliku karüokineesi toimel kaheks looterakuks (nn. lõigustusrakuks e. blastomeeriks).

Ühes neist rakkudest säilitavad kromosoomid oma tavalise ilme, esinedes kahe pika lintja arendina. Et see rakk, nagu hiljem näeme, soetab kahte liiki kromosoomidega järglasi, on seda otstarbekohane nimetada amfigeenseks e. kaksiktekitavaks blastomeeriks.

Teises blastomeeris (s. o. varases looterakus) punduvad kummagi kromosoomi otsosad üles, eralduvad kromosoomide keskosast ja lahustuvad protoplasmas. Mõlemate kromosoomide keskosad aga tükelduvad hulgaks väikesiks terajaiks kromosoomideks, millest metafaasis areneb ekva-



Joon. 21 B. Kahe tuumalajuga hiidpeasolkme tõu *(Ascaris megalocephala bivalens)* muna lõigustumise skeem. M — seemendatud muna; A — amfigeensed e. kaksiktekitavad blastomeerid e. lõigustusrakud; G — gonogeensed e. sugurakku-tekitavad lõigustusrakud; S — somatogeensed e. keharakku-tekitavad diminueeritud e. kahandunud kromatiiniga lõigustusrakud, millest tekib looma keha (sooma); M, A, A, A, G, G.... moodustavad üheskoos idutsemisraja.

toriaalplaat esmalt monasteri (üksiktähe), hiljemini iga kromosoomi pooldudes aga diasteri e. kahelitähe kujul. Sellest kahandunud kromatiiniga rakust tekkinud tütarrakkudel ja kõigil viimaste järglasil püsib selline kahandunud, paljudest väikesist kromosoomidest koosnev kromatiinihulk. Et selliseist kahandunud kromatiiniga looterakkudest hiljem kujuneb solkme keha, on neid sobiv nimetada somatogeenseiks e. kehatekitavaiks blastomeerideks (lõigustusrakkudeks). Nende

kromosoomid kannavad somaatiliste (kehaliste) e. diminueeritud (kahandatud) kromosoomide nime.

Amfigeense raku pooldumisel tekkivast kahest rakust on üks somatogeenset tüüpi (esindades kromatiini diminutsiooni ja kromosoomide keskosa tükeldumist hulgaks väikesiks kromosoomeks), teine on aga amfigeense iseloomuga (s. o. omab kaht tavalist pikka kromosoomi). Selle teise tütarpõlve amfigeense raku sigimisel saadud kahest järglasest on samuti üks somatogeenne, teine amfigeenne. Viimane kui kolmanda tütarpõlve amfigeenne blastomeer annab omasoodu kaks tütarrakku, millest üks on jälle somatogeenne, kuna teine annab hiljem sigides alguse ürg-(alg-)-sugurakkudele (ovo- ja stermatogoonidele e. ürg-muna- ja seemnerakkudele). Seda ürg-sugurakke tootvat blastomeeri võib nimetada gonogeenseks e. sugurakku-tekitavaks.

Gonogeensed rakud ei esinda kromatiini-diminutsiooni omades kaht samasugust pikka kromosoomi, nagu amfigeensedki rakud ja neile algust andev munarakk. Selliseid kromosoome kutsutakse generatiivseiks kromosoomideks e. ürgkromosoomideks (e. kogumkromosoomideks) (Sammelchromosomen). Generatiivseid kromosoome tuleb pidada suguvõsaloolt (fülogeneetiliselt) vanemaks, ürgsemaks kui somaatilisi (s. o. diminueeritud, kahandatud) kromosoome. Seega püsib sugurakkudes madalam, ürgsem kromosoomide arv kui keharakkudes.

Öeldust selgub ühtlasi, et ainult gonogeensed e. sugurakke-tekitavad blastomeerid (e. lõigustusrakud) sisaldavad niisama palju kromatiini kui viljastatud muna. Kui kromatiin on pärilikkustegurite e. geenide (genotüübi) kandja, siis on gonogeensed rakud rikkamad pärilikke omadusi põhjustavate sugemete poolest kui somatogeensed, s. o. keharakke tekitavad looterakud. Olles varustatud kõikide pärilikkusteguritega, võivad gonogeenseist rakkudest arenevad sugurakud alguse anda niihästi keha- kui ka sugurakkudele, kuna tavalised keharakud ei saa soetada sugu-

rakke (nähtavasti seoses sellega, et nendega toimub kromatiini diminutsioon e. just nende geenide kadu, mida oma tekkeks vajavad sugurakud).

Peale kromatiini diminutsiooni illustreerib kahe(-tuuma)lajuse hiidpeasolkme looteline (embrüoloogiline) arenemine sugurakkudele algust andvate sugemete varast eristumist looma kehas. Sugurakkude varased eellased esinevad siin, nagu paljudel teistelgi loomadel, õieti varases arenemisastmes (nn. moorula- e. kobarloote-järgus). Juba munaraku pooldumisel tekkiv esimene amfigeenne blastomeer (e. lõigustusrakk) sisaldab sugurakke iseloomustavaid generatiivseid kromosoome. Kõik kolm amfigeensete rakkude (blastomeeride) põlve ühes arenevate gonogeensete rakupõlvkondadega kuni täisealiste valminud sugurakkudeni moodustavad nn. i d u t s e m i s r a j a (Kleimbahn). Idutsemisrada lubab jälgida sugurakkude arengut varasest looteeast kuni suguküpse loomani.

Rakk — bioloogiline ühik. Rakk on esmane orgaaniline ühik, elementaarseim sisemisil põhjusil talitlev organism. Ta esindab loomalise individualiteedi e. isendilisuse lihtsaimat astet, olles ruumilt piiratud, kindla organisatsiooniga, autonoomne, isetegev eluline indiviid. Rakk on kõige põhilisem struktuurne ühik, milles tuksub loomaline elu kõigi oma põhitalitlustega: aine- ja jõuvahetusega, ärrituvusega, kasvamisega, sigimisega ja arenemisega.

Ainurakse loomana on rakk reaalne, tõeliselt iseseisev indiviid — b i o n e. p ü s i l a n e. Võrdlemisi suurt reaalset iseseisvust esindavad ka paljude hulkraksete loomade munad.

Seltsinguliste algloomade kolooniaid moodustavad üksikisendid, samuti ka hulkraksete loomade koerakud on ainult võimalikud indiviidid — m o r f o n i d e. k u j u l a s e d, kes pole tavalisis tingimusis võimelised elama iseseisvalt, s. o. lahus kolooniast või koest. Peale rändrakkude (vere valgeliblede e. leukotsüütide), kes omavad suhteliselt suurt osalist iseseisvust, on peaaegu kõik muud hulk-

rakse looma koerakud normaaltingimusis eluvõimelised ainult ühenduses organismi kui tervikuga.

Kuid asjaomaseis eksperimentaalseis tingimusis võivad ka koerakud, koed ja neist koosnevad elundid oma normaalsest asupaigast teise ülekantult lühemat või pikemat aega iseseisvat elu elada. Seda tõestavad paljud katsed elundite ja kudede siirdistutamise (transplantatsiooni), ühtekasvatamise, eksplantatsiooni, s. o. väljaistutamise, koearetuse (-kultuuri) ja vere siirdniristuse (transfusiooni) alal.

Transplantatsioon e. siirdistutamine on looma osade (kudede, elundite) ülekanne nende tekkimispaigalt sama looma mõnesse teise ossa või teisele samast või eri liigist loomale, kus need osad ümbritsevate osadega võivad ühte liituda ja elavaina püsida.

Transplantaadi ehk siirdistutatud osa saatus võib olla kolmesugune:

1) transplantaat liitub uue paigaga, muutudes uue ümbruskonna osaks;

2) transplantaat ühineb alguses küll uue kohaga, hiljem aga mandub (degenereerub);

3) transplantaat ei kasva ühte uue ümbruse osadega.

Siirdistutamine noorel loomal või nooril loomil on hõlpsamini teostatav kui täisealisel, ja keskealisel hõlpsam kui vanal. Transplantatsiooni eelduseks on, et transplantaadi koed saaksid ühineda uue paiga vastavate kudedega. Eri liiki koed ei kasva ühte.

Samuti on transplantatsiooni õnnestumise tingimuseks teatav sugulusaste looma vahel, kellelt transplantaat võetakse, ja looma vahel, kellele see külge poogitakse (e. siiriti istutatakse). Sellise suguluse alusel jaguneb transplantatsioon auto-, homo-, hetero- ja ksenoplastiliseks.

Autoplastilise transplantatsiooni e. autoplastika puhul toimub transplantaadi ülekanne sama looma ühest osast teise. Homoplastiline transplantatsioon e. homoplastika on selline, kus osiste siiriti istutamine toimub liigisamaste loomade vahel. Heteroplastilisel transplan-

tatsioonil e. heteroplastika puhul sünnib siirdistutamine eri liikidesse kuuluvate loomade vahel. Ksenoplastilise transplantatsiooni e. ksenoplastika korral toimub transplantatsioon kahe loomavormi vahel, kes kuuluvad kõrgemasse süstemaatilisse ühikusse kui on liik.

Autoplastilist transplantatsiooni on kergem sooritada kui homoplastilist ja homoplastilist hõlpsam kui heteroplastilist. Ksenoplastiline aga õnnestub seda vähem, mida vähem on sugulus katsealuste loomavormide vahel.

Siirdistutamise paiga alusel jaotatakse transplantatsioon väliseks ja sisemiseks. Välise transplantatsiooni puhul kasvatatakse ühte looma või loomade välised osad (näit. nahk), sisemise korral sisikonnad (näit. sugunäärmed).

Välise transplantatsiooni juhtumeist on kõige hõlpsamini teostatav autoplastiline naha-transplantatsioon. Seda kasutatakse kirurgias näiteks põlenud nahaosade või purustatud nina parandamisel, iluravis jne.

Meriseal ühineb tumeda pigmendiga (must) nahatükk hõlpsasti valge, pigmendita nahapiirkonnaga, kuna mustale pinnale siiriti istutatud valge nahalapp mustade naaberosade regeneratsiooni (taastekkimise) tõttu välja surutakse. Hele nahatükk, mis kala kõhult siirdistutatakse tumedale seljanahale, tumeneb.

Sellest järgneb, et pigmendiga nahaosadel on suurem võime uute oludega kohaneda kui pigmendituil.

Ussidega õnnestub sageli kehaseina-osade auto-, homo- ja heteroplastiline transplantatsioon. Heteroplastilise puhul püsivad alal uues ümbruskonnas siirdistutatud tüki liigitunnused.

Konnakullestega katsetades õnnestub naha, saba, jäsemete, välislõpuste heteroplastiline siirdistutamine, mil transplantaadil püsivad ta liigitunnused.

Ühtekasvatamine. Väline transplantatsioon on tihedas ühenduses loomade ühte-(kokku-)kasvatamisega. Sama loomaliigi esindajate ühtekasvatamist võib ni-

metada homoplastiliseks, eri liikide oma — heteroplastiliseks, eri perekondade või veel kõrgemate süstemaatiliste ühikute oma — ksenoplastiliseks. Hetero- või ksenoplastilise ühtekasvatamise tulemusena saadud elusolendeid kutsutakse kimäärideks. Loomil esinevad ainult inimese poolt soetatud kunstlikud e. nn. sünteetilised kimäärid, kuna taimil peale nende (nn. pookvärdade) esinevad veel loomulikud e. nn. autogeensed e. isetekkivad kimäärid.

On võimalik ühte kasvatada kaks hüdrat kas suupoolseid (oraalseid) või suuvastaseid (aboraalseid) otsi pidi, samuti ka pikuti ja muis suunis.

Ka ripsussidel võivad sama liigi eri isendite tükid kokku kasvada. Juhtudel aga, kui mõlema tüki keskmenärvikava tüved (väädid) ühte ei kasvanud, tekitas iga tükk äralõigatud osad ja kujunes iseseisvaks ussiks.

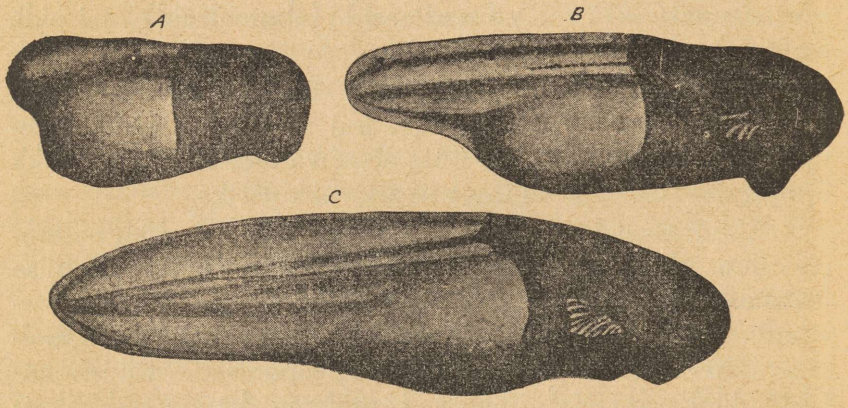
Vihmussidel on võimalik niihästi homo- kui ka heteroplastiline ühtekasvamine. Ka siin säilitab heteroplastilise ühtekasvamise korral iga liik oma tunnused. Kokku kasvatada võib vihmusse nii ristipidi kui ka pikuti. Sabapoolsed tükid ühinevad hõlpsamini kui peapoolsed. Pikisuunalisel ühtekasvamisel ühinevad mõlema looma nahklihasmõigud, tekib ühine teisene kehaõõnis, kuna siseelundid ühte ei kasva.

Heteroplastikat, s. o. kahest eri liigist päritolevate isendite kokkukasvamist võib saavutada ka liblikate nukkudel. Selliseist nukkudest võib aretada valmikuid, kel eesmine kehapool kuulub ühele, tagumine teisele liigile, eesmise poole erinedes värvilt tagumisest. Ka siin piirdub poolte kokkukasvamine kehaseintega.

Muist selgrootuist on ühtekasvamist saavutatud näit. merituppedel, merisiilikuil ja meriliiliail.

Kahepaiksete puhul õnnestub isegi ksenoplastiline transplantatsioon, s. o. neil võib ühte kasvatada kulleste osi peale eri liikide ka eri perekonnil (*Rana* ja *Bombinator*) ja koguni eri seltsidel (*Rana* ja *Triton*). Sellised erinevad kul-

lesed võib kaksikuiks kokku kasvatada. Need kaksikud on seda püsivamad, mida lähem on nende sugulus. Nahk, närvikava ja meeleriistad ühinevad hõlpsasti, samuti ka süda ja seedekulgla, kuna seljakeelikud ühinevad visalt. Üldse liituvad hõlpsamini need elundid, mis pole veel lõplikult välja kujunenud ja mis koosnevad indiferentseist, eristumata rakkudest. Kulleste ühtekasvatamist võib toimetada mitmesuguseis suunis. Selliseist kulleseist on aretatud konnakimääre, kelle eesosa kuulub ühele, tagaosa teisele liigile (joon. 22).



Joon. 22. Kahest eri liigist kokkukasvatatud konnakimääri arenemine; A — loode; B ja C — kullesed; looma eesosa (tume) moodustab *Rana sylvatica*, tagaosa (hele) *Rana palustris*.

Imetajail etendab kokkukasvatatavate isendite sugulus suuremat osa kui kahepaikseil. Sugulus peab siin olema hoopis lähedasem. On kokku kasvatatud kodujäneseid, kel tekkis ühine kehasein ja ühe isendi sooltoru eesosa liitus teise isendi sooltoru tagaosaga. Samast soost ja ühevanused isendid kasvasid hõlpsamini ühte, eriti siis, kui nad mõlemad kuulusid samasse kurna.

Enamik loomade puhul saadud kimääridest on a p o s i t s i o o n i- e. k õ r v u t u s k i m ä ä r i d. Apositsioonikimäärid on sellised, mis saadakse eri loomavormide parema ja vasema poole ühtekasvatamisel. Hüdral on peale apo-

sitsioonikimääride saavutatud ka mosaiik- e. hüperkimääre (kivitis- e. ülikimääre), kel eri vormide kehaosad on ükskõik mis suunas üheks isendiks ühte kasvatatud.

Sisemine transplantatsioon. Siia kuulub eeskätt luu ja luuümbrise (periosti), kõhre ja kõhreümbrise (perikonderi) ning samuti ka mitmesuguste muude siseelundite (näit. sisenõrenäärmete, sugunäärmete, neerude jne.) siirdistutamine ja vere transfusioon e. siirdniristus.

Luu- ja luuümbrise auto- ja homoplastiline (ja mõnikord isegi heteroplastiline) siirdistutamine etendab tähtsat osa kirurgias. Luu transplantaat (s. o. siirdistutatud osa) võib täiesti asendada inimesest või loomast operatsiooni teel kõrvaldatud haigeid või purustatud luuosi.

Teistel juhtudel ei jää transplantaat opereeritud looma (või inimese) kehasse püsima, vaid asendub aegamööda uue luuga, mis tekib opereeritud looma enda luuümbrisest.

Paul Bert (1866) vabastas rotisaba nahast ja pookis sama roti naha alla. Kuna lihased ja närvid mandusid, kasvas kõhre ja sidekoe hulk suuremaks ja ületas mõne kuu pärast endise määra kahe- või kolmekordselt. Paigutati aga saba mõne teise rotiliigi või koguni teisest seltsist imetaja (kodujänese, jänese, koera, kassi) naha alla, siis ei olnud ei sidekoe ega kõhre kasvamist. Saba kas resorbeerus (imendus) või ta ümber tekkis mäda, millega ühes ta nahast eemaldus.

Teisil uurijail sama katse kas ei õnnestunud üldse (Ribbert 1898, Lubarsch 1898) või andis erinevaid tulemusi (Saltõikov 1900). Suurem osa naha alla poogitud saba kudedest kidunes ja mandus ning ainult väike osa püsis elus ja hakkas taastekkima (regenereeruma). Aga lõpuks mandus seegi osa.

Värsked sabad regenereerusid paremini kui need, mis enne siirdistutamist olid mõne aja seisnud. Klaasjas kõhr näiteks kaotas regeneratsioonivõime 7 päeva möödudes. Noor kõhr avaldas suuremat regeneratsioonijõudu kui vana.

Katseist (Ribbert) selgus, et siirdistutatud koed kaotavad sageli oma eripärased tunnused nende rakkude omandades looteliste, embrüonaalsete rakkude laadi. Nii näiteks silindrilised näärmerakud muutuvad kuubiliseks või lamedaks. Sidekoerakud muutuvad harulisest munajaks. Ristivöödilised lihaskiud kaotavad vöödilisuse ja nende tuumad hakkavad jagunema. Toimub mingisugune rakkude noorendumine.

Mõnel juhul omandab siirdistutatud elund endisest erineva koetise, vastavalt elundi uuele talitlusviisile. Nii näiteks tekib väljalõigatud arteeriosa asemele siirdistutatud veenilõigul uus, arteerjas koetis.

Tervete, tükeldamata (eriti noorte) elundite transplantatsioon toimub hõlpsamini kui elundite üksikute osade või nende kudede oma.

Muist siseelundeist väärib tähelepanu veel neerude ja muude näärmete, eriti sugunäärmete transplantatsioon. Koertel ja kassidel võib toimetada neerudega niihästi autokui ka homoplastilist siirdistutamist. Transplanteeritud näärmeist jäävad juhadeta (sisenõre-) näärmed (kilpnääre, munasari) mõnikord hästi püsima, kuna juhadega näärmed harilikult manduvad.

Munasarju on tagajärjekalt siirdistutatud niihästi selgrootuil (vihmussidel, liblikail) kui ka selgroogseil (kahepaikseil, lindudel, imetajail), kusjuures peale auto- ja homoplastilise on õnnestunud isegi heteroplastiline transplantatsioon. On võimalik homoplastiline munasarja transplantatsioon emaloomalt isaloomale. On õnnestunud siirdistutada kohitsetud (kastreeritud) loomile kas muna- või seemnesarju. On saadud kunstlikke hermafrodiite e. sugukaksiklasi, siirdistutades isaloomale sama liigi emaloomade munasarju või emaloomile seemnesarju.

Rohkeid transplantatsioonikatseid on toimetatud ka looteliste elunditega.

Lewis (1907) siirdistutas konnakullese silmasugeme ühes vastava peaajuosaga teise paika samas lootes, kus sugemest arenes normaalne silm. Sama toimus ka siis, kui

silm paigutati teise samast liigist loote kehha. Sama uurija siirdistutas sookonna (*Rana palustris*) loote osi samast liigist täiskasvanu naha alla, kus neist arenesid asjaomased elundid. Belogolovõi (1915) paigutas konnamune või -looteid samast või teisest liigist konnade kehaõõnisesse. Siin esines loodete rakkudel kalduvus kujuneda üksteisest eraldudes iseseisvaks. Teiselt poolt aga avaldasid samad rakud tungi ühineda uuteks ühendeiks ja soetada elundeid, millest mõnedel oli ebaharilik seisund. Samasuguseid tulemusi saadi, kui asetati arenevaid konnamune ja -looteid kalade kehaõõnisesse.

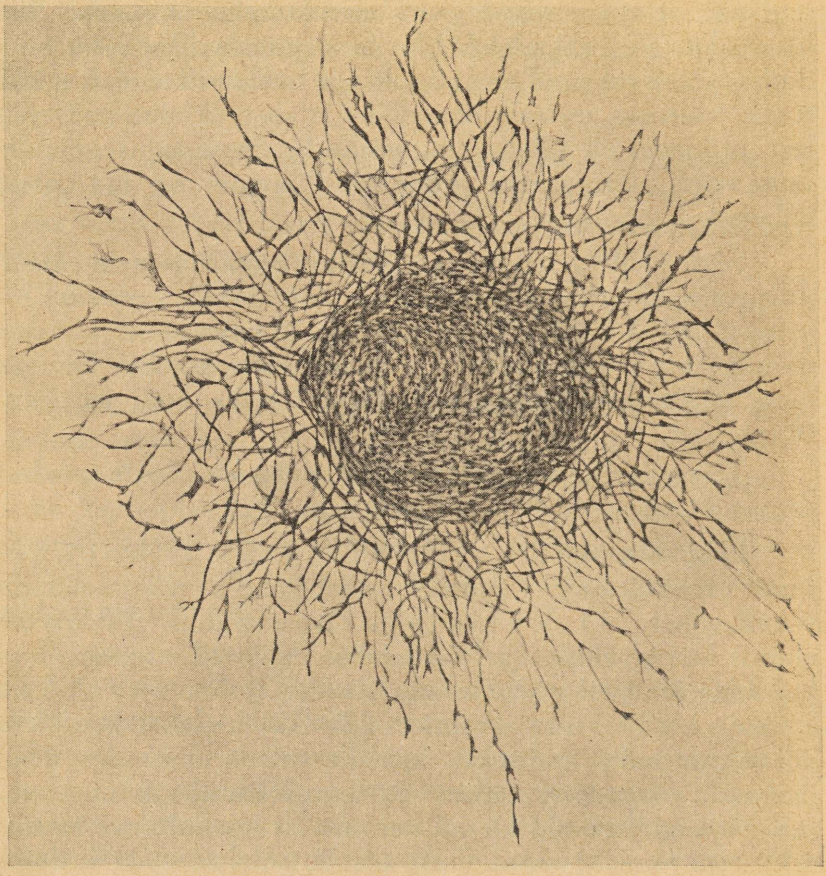
Féré (1897) istutas kanaloote silmasugemeid kanapoja naha alla, kus silmad mõnda aega edasi arenesid. Fischer (1901) pookis kanaloote jala kukeharjasse, kus see mõnda aega edasi kasvas. Aga niihästi neis kui ka reas muis selletaolisis katseis mandusid lõpuks kõik siirdistutatud osad.

Täisealise kana maksasse poogitud kanaloote osadest arenesid neile osadele vastavad koed.

Eksplantatsioon e. väljaistutus e. koearetus (koekultuur). Tehakse vahet kahe eksplantatsioonivormi vahel. 1) Väljaistutuse puhul eraldatakse elund looma kehast ja vaadatakse, milliseil tingimusil ja kui kaua see veel võib elusana püsida. 2) Koearetuse e. koekultuuri korral eraldatakse loomast koetükke või rakurühmi ja püütakse neid kasvatada, asetades need ligikaudu samadesse toitlus- ja temperatuuritingimustesse, mis neid ümbritsesid looma kehas. Et koekultuure tavaliselt aretatakse klaasanumais, siis kutsutakse seda koearetusviisi ka koekultuuriks *in vitro*, s. o. katsenõus e. katseklaasis (joon. 23).

Toitvad keskkonnad koekultuuride aretustoimes on kas vedelad või poolvedelad e. tarteljad. Vedelaks toitvaks keskkonnaks on kas looma kehas esinevad või kunstlikud vedelikud. Esimeste hulka kuuluvad vereleem (-plasma), vereseerum (-vadak), koemahl (e. lümf) ja vastavaist kudedest või elundeist väljapressitud ekstraktid. Kunstlikeks

koekultuuri-vedelikeks on Ringer'i ja Lokk'i vedelikud, mis koosnevad hapnikuga küllastatud vere- ja koemahlasoolade ja dekstroosi- e. viinamarjasuhkru lahuseist. Pooltahkeks,



Joon. 23. Meriseast väljaistutatud (eksplanteeritud) sidekoerakkude (fibrotsüütide) puhaskultuur *(in vitro)*. Keskel asub väljaistutatud koetükk, piirde pool sellest väljakasvanud fibrotsüüdid.

tarteljaks koekultuuri keskkonnaks on ülalmainitud toitainete segu agar-agariga e. jaapani želatiiniga.

1. Väljaistutus. Mereloomil võivad kehast lahutatud osad, näiteks õisloomade kehaosad, mõne rõng-

ussi kombitsad, kärsskidalase (*Bonellia*) kärss, tigude osad, pärg- ja lukisusside ning meripurade osad merevees elusaina püsida nädalate ja kuude viisi.

Verega täidetud ja kinniseotud soontega konnasüda riputatakse niidikese otsas niiskesse paika. Selliseis tingimustes võib konnasüda tuksuda mitu päeva. Veel visama eluga on mainitud tingimustes kilpkonnasüda.

Langendorf'il (1895) õnnestus elustada äsja surnud imetaja süda, surudes läbi selle pärg-arteeride verekiudmikust vabastatud (defibrineeritud) verd.

Kuljabko äratas ellu imetajate südamed tunde ja isegi päevi pärast surma, pritsides südame pärgsoontesse Lokk'i vedelikku. Ka surnud lapse süda õnnestus tal ajutiseks elustada. Hiljem läks teisil uurijail korda mõneks ajaks ellu äratada ka täisealise inimese süda.

Kassist või koerast väljalõigatud ja Ringeri vedelikku asetatud sisikonnad võivad elada ja töötada (süda tuksuda, toit seedida) 11—13 tundi, kui nende soontesse juhitakse teistelt võetud verd.

Äralõigatud kalapead ja imetajate loomade pead võivad kunstliku verevarustuse korral mõne aja elusaina püsida. Kodujänese kõrvad ja inimese sõrmed võivad Ringeri vedelikus elutunnuseid avaldada nädalate ja isegi kuude viisi.

2. K o e a r e t u s e. k o e k u l t u u r. Harrison'il (1907) õnnestus elus hoida ja kasvatada konna koemahla hüübes konnalootest väljalõigatud närvikoetükke. Ta võis jälgida, kuidas lootelised närvirakud kasvatasid närvikiude. 1910. a. ilmusid Burrows'i ja Carrel'i töötulemused imetajate kudede aretuse ja aretusmeetodite kohta. Nad kasvatasid *in vitro* niihästi loodete kui ka täisealiste loomade kudede tükke. Neil õnnestus kultiveerida epiteel- ja sidekude, luusäsi, kõhre, kõhukelmet, veresoonte endoteeli (vooderepiteeli), kilpnäärme, põrna, neeru, munasarja ja muude elundite tükke.

Koetükid asetatakse steriliseeritud toitvais vedelikes termostaati (püsiva soojusega kappi), mille temperatuur

hoitakse sobivas kõrguses. Vaatlusi rakkude kasvamise kohta vastava temperatuuriga ja toitvais vedelikes võib toimetada isegi mikroskoobi all objektklaasil. Et toitvedelikus kasvavad ja arenevad koekillud ja rakud eritavad ainevahetuse lammutusolluseid, tuleb toitvedelikku vahetevahel uuendada.

Carrel ja Ebeling asetasid 1912. a. toitvedelikku kanapoja südamest võetud fibroblaste (sidekoerakke). Need rakud sigivad tõhusalt tänapäevani. Kümne aasta kestel soetasid nad 1900 järglaspõlve. Neist võeti ja aretati 30 000 uut kultuuri. Kui oleks võimalik olnud säilitada kõik rakud, mis on tekkinud katseks võetud rakkude järglasina, siis oleks nende koguse ruumala ületanud päikese oma.

Vere transfusioon e. **siirdniristus.** Vere ülekanne (siirdistutamine) ühest loomast teise kannab transfusiooni e. siirdniristuse nime. Inimesel toimetatakse transfusiooni kas ravi otstarbel või suure verekaotuse korral. Aga mitte iga inimese veri ei kõlba siirdistutamiseks teise inimese verre. Vere andja ja vere saaja vahel peab valitsema vastav veresugulus.

Transfusioonikatseist on selgunud, et ühe looma veri teise tõmbsoonisse valatult võib teises esile kutsuda raskeid rikkeid. Need rikked on seda suuremad, mida vähem on sugulus katsealuste loomade vahel ja mida suurem on siirdniristatud vere hulk. On sugulus verd andva ja verd saava looma vahel liiga väike, siis mõjub ülekantud veri mürgina ja võib põhjustada surma.

On leitud, et looma veres, kelle verre valatakse võõrast verd, tekib kolm antikehade nime kandvat olluserühma: hemolüsiinid, pretsipitiinid ja agglutiniinid.

Hemolüsiinid e. verelahustajad põhjustavad hemoglobiini e. verevärvniku väljumist erütrotsüütidest e. vere punalibledest vereleemesse. Seda nähtust nimetatakse hemolüüsiks e. vere lahustumiseks.

Kui loomale, näiteks hobusele, süstitakse teisest selt-

sist looma, näiteks kodujänese verd, siis tekivad hobuse veres peale hemolüsiinide veel pretsipitiinid e. sadestajad. Valmistatakse sellisest pretsipitiine sisaldavast hobuseverest seerum (vadak), annab see sadestuse kodujänese vere seerumiga, mitte aga mõne teise imetajaseltsi, näiteks putuktoidulise, röövlooma või inimese seerumiga.

Pretsipitatsiooni- e. sadestumis- (hägustumis-) meetodi abil on võimalik määrata süstemaatilist sugulust kahe loomaliigi vahel.

Kodujänese seerumiga annab eeltöödeldud, s. o. kodujänese seerumiga tekitatud hobuseseerum kõige tugevama sadestuse, jänese seerum aga juba vähema ja teiste näriliste seerum veel nõrgema sadestuse. See sade on seda nõrgem, mida kaugem on antud närilise looma sugulus kodujänesega. Et viimasel juhul üldse veel sadestust saada, vaja suured seerumihulgad tööle rakendada.

Sellist seroloogilist (vadakuteaduslikku) menetlust on tarvitatud (Nuttal, Friedenthal, Mollison) ka sugulussuhete kindlakstegemiseks inimese ja inimahvide vahel. Süstitakse kodujänesele šimpansi või orangutangi verd, siis tekivad ta veres antikehad — pretsipitiinid, mis annavad sadestuse niihästi inimahvide kui ka inimese vere seerumiga, mitte aga kitsa- või laianinaliste ahvide seerumiga. Sellest järgneb, et sugulus inimahvide ja inimeste vahel on suurem kui inimahvide ja muude ahvide vahel.

Pretsipitiine antud looma veres võib soetada peale teiste loomade vere (või seerumi) süstimise ka valkude, näiteks koemahla, munavalgu, mitmesuguste elundite ja kudede ekstraktide süstimise teel.

Pretsipitatsioonimenetluse abil on võimalik kohtulikus arstiteaduses kindlaks teha, kas põlvneb kuivanud vereplekk inimeselt või loomalt. Samuti võimaldab see meetod kontrollida toitude koosseisu (näiteks kindlaks määrata, millise looma liha sisaldab vorst).

Pretsipitiinreaktsioon on võrreldes tavalise keemilise reaktsiooniga ülipeen, ülitundlik toime. Nii näiteks võib

tavalise keemilise reaktiiviga avastada valkainet vesilahuses ainult siis, kui viimase kontsentratsioon on 1 : 1000. Pretsipitiinmenetluse abil aga võib lahuses valgu kindlaks teha, kui selle keskendus on ainult 1 : 1.000.000.

Kolmandaks antikehade liigiks, mis tekivad võõra vere süstimisel antud looma verre, on agglutiniinid e. kokkuliimijad, mille mõjul võõra vere libled kokku liimuvad. Sellist kokkuliimumistoimet kutsutakse agglutinatsiooniks e. kokkuliimumiseks. Nagu pretsipitatsioon, nii on ka agglutinatsioon spetsiifiline, s. o. mõjuv peamiselt selle loomaliigi suhtes, kelle valkude (vere, koemahla, protoplasma) süstimise abil see on saadud. Nii näiteks omandab seda või teist nakkushaigust (kõhusoetõbe, kõhutõbe jne.) põdenud vereseerum võime kokku liimida (agglutineerida) antud haigust tekitavaid pisilasi.

Agglutiniinid on eriti tundlikuks vahendiks peenemate sugulussuhete avastamiseks antud loomavormide vahel. Nn. isohemagglutiniinidega võib vahet teha isegi üksikute inimtõugude vere vahel. Isohemagglutiniinid on sellised agglutiniinid, mis sama loomaliigi teisendite e. tõugude (ka inimtõugude) vere vahel kutsuvad esile erilisi keemilisi reaktsioone.

Inimesed võib nende reaktsioonide alusel liigitada 4 eri rühma e. gruppi:

1) O-rühma veres ei teki vereliblede agglutinatsiooni;

2) A-rühmas tulevad esile teatavad agglutiniinid;

3) B-rühmas esinevad ja teotsevad teist liiki (kui A-rühmas) agglutiniinid;

4) AB-rühmas on võimalikud nii A- kui ka B-rühma reaktsioonid.

Liigi keemiline isepärasus (spetsiifilisus). Ülalkirjeldatud transplantatsiooni-, eksplantatsiooni- ja transfusioonikatsed ei tõesta mitte ainult rakkude ja kudede osalist ise-

seisvust neist koosneva looma kui terviku suhtes, vaid ka nende liigilist iseseisvust naaberliikide suhtes.

Loomad, kellele kuuluvad antud koed ja rakud, ei erine teistesse liikidesse kuuluvaist loomist mitte ainult väliselt tajutavate morfoloogiliste ja füsioloogiliste tunnuste suhtes, vaid ka tavalise vaatluse eest peidetud keemiliste omaduste poolest. Vaatamata ühtlusele, mis valitseb kõikide loomaliste rakkude keemilises koostises, iseloomustab iga loomaliiki asjaomane keemiline isepärasus e. spetsiifilisus.

Sellist liigi keemilist isepärasust tõestavad erilise selgusega ülaltoodud katsed eri liikide, eri tõugude ja sama tõu eri indiviidide vere- ja koemahladega (hemolüüsi-, pretsipitatsiooni- ja agglutinatsiooni-reaktsioonid).

Äsjamainitud meetodite abil on selgusele jõutud, et ka antud liigi tõugude ja isegi antud tõugu moodustavate indiviidide vahel valitseb keemiline erinevus, s. o. igaühel neist on erilised omadused, spetsiifilised keemilised tunnused.

Sama, mis maksab loomaliikide, -tõugude ja -indiviidide koemahla ja vere kohta, maksab ka nende kudedest ja elunditest väljapressitud ekstraktide suhtes.

III. HISTOLOOGIA EHK KOEÕPETUS.

Hüdra kui lihtsaim hulkrakne loom on õpetlikemaks sissejuhatuseks koeõpetusse ja kudedest koosnevate hulkraksete organisatsiooni ja talitlustesse (joon. 24).

Hüdra on mõne sentimeetri pikkune hulkrakne kotjas mageveeloom. Ta armastab seisvaid veekogusid taimedega, millede külge ta kinnistub umbse alaotsaga e. jalaga. Vaba ülaots, nn. suukuhik e. hüpostoom on varustatud suuga, mis on niihästi toidu sissevõtmiseks kui ka seedimata jäänuste ja muude eritiste väljaheitmiseks.

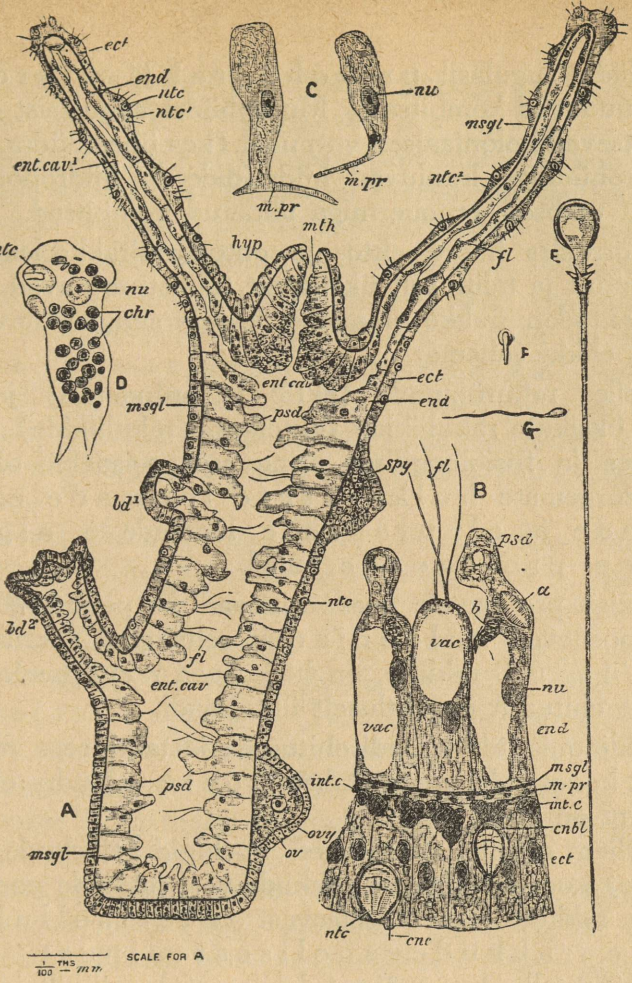
Hüdra suud kandev ots kannab oraalse e. suumise, jalg aga aboraalse e. suuvastase otsa nime.

Suukuhikut piiravad pikad usjad liikumisvõimelised jätked — tentaaklid e. kombitsad, mille arv on eri liikidel erinev.

Suuava viib ainsasse, kogu looma sisemust moodustavasse ruumi. See ruum vastab kõigi õõnte kogumikule, mida leiame kõrgemate loomade kehas, ja kannab gastraal- e. maoõõne nime. Hüdral ulatub gastraalõõs ka kombitsaisse.

Niihästi keha kui ka kombitsate sein koosneb kahest hästi silmapaistvast rakukihist: välisest — ektodermist e. välislehest (e. nahalehest) ja sisemisest — entodermist e. siselehest (e. soolelehest).

Ento- ja ektodermi vahel on õhuke toesena e. skeletina talitlev liistak, nn. basaal-lamell e. tugiõhik, mida koostavat ainet kutsutakse vahehüüvendiks e. mesoglöaks.



Joon. 24. H ü d r a (*Hydra*). A — pikilõik läbi looma; B — tükike kehaseina ristilõigus (tugevasti suurendatult); C — kaks suurt epiteellihasrakku; r o h e l i s e h ü d r a (*Hydra viridis*) entodermirakk; E — suur nematotsüst e. kõrvekapsel (e. kõrveti); F — väike nematotsüst; G — seemneniit; a — (toiduks) sissevõetud ränivetikas; bd1, bd2 — pungad; chr — zooklorellid e. rohikud (rohelised ainuraksed vetikad, mis hüdraga elavad tulukoosluses e. sümbioosis); cnbl — knidoblast e. kõrverakk; cnc — knidotsiil e. kõrvetiripse; ect — ektoderm e. välisleht; end — entoderm e. siseleht; ent. cav. — gastraal- e. maoõõs; ent cav¹. — tentaaklisse e. kombitsasse ulatuv maoõõne järg; fl — vibur e. flagell; hyp — suukuhik e. hüpostoom; int. c. — interstitsiaalsed rakud e. vahemikurakud; m pr — epiteellihasraku lihasjätke; mth — suu; msgl — basaal-lamell e. tugiõhik (mesoglöa e. vahehüüvend; ntc — suured ja ntc' — väikesed nematotsüstid (kõrvekapslid); nu — rakutuum; ov — munarakk; ovy — ovaar e. munasari; psd — pseudopoodid e. kulendid; spy — spermaar e. seemnesari; vac — kublik e. vakuool.

Hüdra sugulasil protohüdral ja mikrohüdral puuduvad kombitsad. Muist hüdra sugulasist on meres elutsevail koloniaalseil vormidel (kes ühes hüdra, proto- ja mikrohüdraga kuuluvad hüdroidide e. hüdropolüüpide rühma) umbsed, entodermiga täidetud kombitsad.

Võrreldes hüdra ekto- ja entodermirakke leiame, et need kujult ja talitluselt üksteisest tublisti erinevad. Võrreldes ektodermirakke omavahel leiame siingi teatavat erinevust, ehkki vähemat.

Selles rakurühmade (ekto- ja entodermi) ja sama rühma üksikute rakuliikide (ektodermi rakuliikide) morfoloogilises ja füsioloogilises erinevuses seisnebki olulisem vahe kõrgemate hulkraksete loomade e. metazoade ja ainuraksete loomade e. algloomade e. protozoade vahel.

Kuigi protozoade seas esinevad ka paljudest rakkudest koosnevad kolooniad e. seltsingud (kerilasel — *Volvox*'il 22 000 rakku), on kõik need rakud peale sugurakkude ehituselt ja talitluselt ühte laadi.

Üldjoonis ühte laadi ehitusega ja talitlusega rakkude pidevat kogumikku nimetatakse koeks. Hüdra ekto- ja entoderm on koed.

Hiljem näeme, et mitmed koeliigid (sidekude, kõhr, luukude) koosnevad peale rakkude veel rakkude poolt soetatud ja rakkude vahel asetsevast intertsellulaarsest e. rakkudevahelisest ainest. Seega tuleb määratella koe mõistet kui morfoloogiliselt ja füsioloogiliselt ühte laadi rakkude kogu, kus rakkude vahel võib esineda rakkudevaheline aine.

Hüdra ektoderm kui kude koosneb võrdlemisi suurist silindrilisist rakkudest. Viimaste põhimikosade vahel asetsevad vähemad, nn. interstitsiaalsed e. vahemikurakud.

Paljudes ektodermirakkudes kohtame erilisi põisjaid moodustisi — nematotsüste e. kõrvekapsleid e. kõrveteid. Kõrveteid sisaldavad rakud — nematoblastid e. kõrvetirakud on enamasti varusta-

tud väikese, üle rakupinna ulatuva jätkega, nn. knidotsiiliga e. kõrvetiripsmega.

Kui mingi asi kõrvetiripset puudutab, paiskub kõrvetist välja selles peituv spiraalselt keerus olev niidike. Niidikese kaudu väljub kõrvetist mürgist vedelikku, mis tavaliselt halvab sellest tabatud väiksema looma liigutused.

Kõrveteid võib nende talitluse poolest võrrelda infusooride trihhotsüstide e. paisatitega. Need on hüdrale kaitse- ja pealetungivahendiks. Aga need võivad olla ka kulgemisabinõuks — hüdra kinnistab nende abil oma suukuhiku või kombitsad mingi lähedaloleva eseme külge ja nihutab sel teel oma jala endisest paigast uude.

Mõned hüdra aboraalse otsa (otsjala) ektodermirakud sisaldavad sõmerjaid moodustisi. Rakkudest väljaeritatult aitavad need sõmerad hüdra jalga tugevamini aluspõhjale kinnistada.

Sõmeraid ja kõrveteid sisaldavaid rakke võib lugeda näärmerakkudeks. Näärmerakud on sellised rakud, mis oma kehast mingit ainet välja eraldavad.

Näärmerakkude esinemine hüdra ektodermis sarnastab viimast kõrgemate loomade nahaga, mis ka on sageli näärmerikas.

Kude, mis moodustab naha väliskihi ja vooderdab looma kehas olevaid õõsi, kannab epiteeli e. katekoe nime. Hüdra ekto- ja entoderm on epiteelkoed.

Kuid olles katekude talitleb hüdra ekto- ja entoderm ka liikumisvahendina. Neil ekto- ja entodermirakkude otstel, mis on suunatud tugiõhiku poole, leiame erilisi jätkeid. Need jätked on ristipidised neid kandvate rakkude pikiteljele. Nad sisaldavad pikisuunalisi rööbitisi kokkutõmbe- ja lõtvumisvõimelisi kiukesi — müofibrille e. lihaskiukesi ja kannavad lihasjätkete nime.

Müofibrillid sarnlevad algloomade müoneemidega ja on nagu viimasedki raku liikumisorganellideks.

Et ekto- ja entodermi epiteelrakud kannavad lihaskiukesi sisaldavaid lühenemis- ja pikenemisvõimelisi jätkeid, siis kutsutakse neid ka epiteel-lihasrakkudeks. Ektodermi epiteel-lihasrakud asetsevad rööbiti, entodermi omad aga ristipidi hüdra keha pikiteljele.

Kui ektodermse epiteeli pikisuunalised lihaskiukesed tõmblevad, siis hüdra keha ja kombitsad lühenevad, kuna gastraalõõs laieneb. Entodermse epiteeli ristisuunaliste kiukeste kokkutõmbel aga aheneb see õõs.

Kui kujutella, et epiteel-lihasrakkude lihaselised jätked eralduksid raku epiteelsest osast, muutudes iseseisvaiks lihasrakkudeks, saaksime neist lihaskoe, millest koosnevad lihased.

Peale näärmerakkude (s. o. kõrve- ja sõmerrakkude) leiame hüdra ektodermis erilisi sihvakamaid rakke, mille välisotstel on väike karvake, kuna põhimikosa on sirgunud pikaks haraliseks kiuks. Sageli on need kiud seotud naaber-epiteel-lihasrakkudega. Antud rakke võib samastada kõrgemate loomade sensoorsete rakkudega e. meelerakkudega.

Kui sellist meelerakku ärritatakse, suundub selle erutus epiteel-lihasraku lihasjätkesse, sundides viimast tõmblema. Siin esineb meile kõige lihtsam refleks- e. peegeldus- (kajastus-) liigutus. Nn. refleksikaar koosneb siin ainult kahest rakust, millest meelerakk on retseptor e. ärrituse vastuvõtja, epiteelraku lihasjätke aga efektor e. täidesaatev osa.

Hüdra ektodermirakkude all leiame omapäraseid haraliste kiudjate jätketega rakke — ganglioni- e. närvirakke. Need närvirakud moodustavad oma harude varal ektodermi all leviva võrgu. See närvivõrk on iseäranis tihe hüdra oraalses (suumises) ja aboraalses (jalgmises) piirkonnas.

Olles üksteisega ühenduses saadavad närvirakud jätkeid ka epiteel-lihasrakkudele. Samuti on nad ühenduses ka meelerakkudega. Meelerakud ja epiteelrakud ühes

nende vahele lülitatud ühe või mitme närvirakuga moodustavad liit-refleksikaare. Viimases toimuv refleks on keerulisem liht-refleksikaare omast, sarneldes kõrgemate loomade refleksidega. Erutus andub meeleriistast (hüdra meelerakust) närvikeskmeile (ganglionirakkudele) ja siit edasi liigutuselundeile (hüdra epiteelrakkude lihasjätkeile).

Fülogeneetiliselt e. suguvõsalooliselt näivad olevat närvirakud arenenud ektodermi alla nihkunud meelerakkudest. Seda oletust tõestab vahevormide esinemine meele- ja närvirakkude vahel.

Kõrgemail hulkrakseil kujunevad närvirakkude kogumikest närvitsentrumid e. närvikeskmed (ganglionid e. tängud, tüved, torud). Närvirakkude pikkadest harudest aga koosnevad närvid, mille eriomaseks ülesandeks on juhtida erutused meeleriistadest ergukeskmeisse ja ergukeskmeist lihastesse või näärmeisse.

Hüdra entodermsed rakud on ektodermseist suuremad ja igaüks neist on varustatud viburiga e. flagelliga. Viburid võivad ajutiseks rakukehasse tõmbuda ja asenduda pseudopoodide e. kulenditega.

Kulendite abil võivad entodermirakud gastraalõõnest tahkeid toitteri haarata ja oma kehasse juhtida. Lahustuvad osad seedivad siin ära, kuna lahustumatud heidetakse gastraalõõnde tagasi. Hüdra entodermirakud on seega varustatud intratsellulaarse e. rakusisese seedimisvõimega, nagu ainuraksed. Raku võimet võtta oma tsütoplasmasse tahkeid kehi ja seedida nende lahustuvaid osi, kutsutakse fagotsütoosiks e. rakusöömluseks.

Peale rakusisese seedimise esineb hüdral ka ekstratsellulaarne e. rakuväline seedimine. Viimane seisneb selles, et entodermirakud nõristavad gastraalõõnde seedemahla, mis tahked toiduosad ära lahustab. Lahustatud toit imatakse entodermirakkudesse ja

see satub siit ka muudesse hüdra kehaosadesse. Ekstratsellulaarne seedimine on omane enamikule hulkrakseist.

Gastraalõõnesse juhitakse toitkehad kombitsate abil.

Hüdra paljuneb niihästi mittesugulise kui ka sugulise sigimise teel.

Mittesuguline sigimine toimub tavaliselt pungumise, harvemini pooldumise teel. Pungumisel tekib hüdra kehal ekto- ja entodermist pung. See kasvab ja arendab kombitsad, suuava ning ema küljest lahti soondudes algab iseseisvat elu.

Pooldumisel langeb hüdra risti või pikuti kaheks osaks, millest kumbki tekitab puuduvad osad ja kujuneb nooreks hüdraks.

Kuna hüdral mittesugulisest sigimisest osa võtab niihästi ekto- kui ka entoderm, toimub suguline sigimine ainult ektodermi abil.

Üksikud rakud hüdra ektodermis kasvavad suuremaks ja ümmarikuks muutudes kujunevad munadeks. Ka seemneniidid arenevad ektodermirakkudest. Et mõlemat liiki sugurakud tekivad samas isendis, siis on hüdra hermafrodiit e. sugukaksiklane. Enamik hulkrakseist aga on gonohhoristid e. lahksugulised.

Hüdra sugulasil õis- ja karikloomil tekivad sugurakud entodermist. Käsnadel ja ussidel, samuti ka kõigil kõrgemail hulkrakseil aga arenevad sugurakud mesodermist e. kesklehest.

Munarakud ja seemnerakud (seemneniidid) kannavad seksuaalsete rakkude e. sugurakkude e. gonotsüütide (ka sigitusrakkude e. propagatiivsete ja germinatiivsete rakkude e. idurakkude) nime. Kõiki muid rakke peale sugurakkude kutsutakse somaatilisiks rakkudeks e. keharakkudeks. Oluline vahe sugu- ja keharakkude vahel seisneb selles, et sugurakud on potentsiaalselt surematud. Neil on võime soodsais tingimusis peale neid tootva isendi surma selle järglasina edasi elada. Keharakud

on surematud ainult neil loomil, kes võivad mittesuguliselt sigida. Neil aga, kel puudub mittesugulise sigimise võime, on keharakud surelikud.

Munarakk on ehituselt ja talitluselt vähem eristunud kui seemnerakk ja keharakud. Seemendatud või seemendamata munarakust põlvnevad niihästi sugurakud kui ka eristunud keharakud, kuna eristunud keharakkudest (näiteks närvi-, lihas-, luu-, kõhre-, vererakkudest) ei või areneda sugurakke. Peale käsnade, kel sugurakud tekivad amööbjaist vahekoe-(mesenhüümi-)rakkudest, arenevad sugurakud tavaliselt epiteeljaist eristumata rakkudest.

Mesodermiga tutvumiseks vaatleme hüdrale lähedaid meduuse e. millimallikaid.

Meduusil on lühikese varrega vihmavarju kuju. Ta koosneb kummikust (*umbrella*) ja selle põhjas rippuvast kõlgutist (*manubrium*). Kõlguti tipul on suuava, kustkaudu toit pääseb kõlgutis ja kummikus olevasse gastraalõõnde. Kummiku veerul leiame suurema või vähema arvu kombitsaid. Kummiku üla- ja alapinda (eksumbrellat ja subumbrellat) katab ektoderm, gastraalõõnt vooderdab entoderm.

Ekto- ja entodermi vahel leiame paksu kihi sülditaolist, tarteljat ainet, nn. mesoglöad e. vahetartlit, mis sisaldab peeni elastilisi kiude. See vahetartel vastab hüdra tugiõhikule e. basaal-lamellile.

Selline on ekto- ja entodermi vahel asetsev ollus hüdra lähemail sugulasil hüdromeduusidel. Kõrgemail meduusivormidel, nn. sküfomeduusidel e. karikmeduusidel leiame mesoglöa tarteljas massis haralisi rakke, elastilisi kiude aga vähem. Sellist rakkudega mesoglöad nimetatakse mesenhüümiks e. vahekoeks. Mesenhüümi leiame enamiku hulkraksete looteis ja paljudel alamail hulkrakseil.

Peale mesenhüümi esineb enamiku hulkraksete looteis ekto- ja mesodermi vahel eriline epiteeljas kude — mesoteelium e. kesklehene katekude.

Mesoteeliumi ja mesenhüümi üheskoos kutsutakse

mesodermiks e. keskleheks. Loote mesenhüümist arenevad täisealisel mitmesugused sidekoeliigid.

Kuna epiteelkoes rakud asetsevad tihedalt üksteise kõrval, on nad sidekudedes lahutatud suurema või vähema hulga intertsellulaarse e. rakkudevahelise ainega.

Side rakkude vahel hulkrakse looma kudedes ja elundeis on osalt morfoloogiline, osalt füsioloogiline. Morfoloogiline ühendus naaberrakkude vahel võib esineda neljal erisugusel kujul: rakkude vahetu kokkupuute teel, plasmodesmide e. plasmasillakeste varal, intertsellulaarsubstantsi e. rakkude-vaheolluse abil ja närvikava kaudu.

Otsest, vahetut kokkupuudet e. kontakti koerakkude vahel leitakse niihästi täisealisil kui ka looteil (näit. rakulises e. kordoidses koes). Paljude uurijate arvates esineb selline kokkupuude isegi närvirakkude vahel (vt. närvikude — neuroni- e. kontakti- e. kokkupuute-teooria).

Plasmodesmid e. plasmasillakesed e. rakusillad on tsütoplasmajätked, mis siirdudes rakult rakule neid üksteisega seovad. Plasmasillakesi on leitud epiteel- e. katekoe-liikides, tarteljas sidekoes e. limakoes, retikulaarses e. võrgulises sidekoes, kõhre- (peajalgseil limuseil) ja luukoes, lihaskoes (näit. mõnede lülijalgsete sooltoru lihasrakkudel, südame- ja silelihasrakkudel) ja muna ning seda ümbritsevate folliikulirakkude vahel.

Plasmasillakesi on avastatud ka kahte eri liiki kuuluva koe (näit. epiteel- ja sidekoe, sidekoe ja silelihaskoe) rakkude vahel. Samuti on tähele pandud plasmasillakesi ka muna lõigustumisel tekkinud lõigustusrakkudel (blastomeeridel). Ka kerilasel seovad nad keharakke.

Plasmasillakesed pole mitte ainult mehaaniliseks sidemeks rakkude vahel, vaid nende kaudu pääsevad mitmesugused keemilised ained rakust rakku. Plasmasillakeste kaudu kulgevad ka rakust rakku levivad erutuslained.

Mõned uurijad (Heitzmann) peavad plasmasillakesi

eriti olulisiks elusolendi moodustisiks ja vaatavad hulkraksele loomale kui keerukale protoplasmavõrgule, mille sõlmpunktideks on rakutuumad.

Intertsellulaarsubstants e. rakkudevaheline ollus kui sidet soetav tegur rakkude vahel etendab eriti tähtsat osa mitmesugustes sidekoeliikides (näit. tarteljas ja fibrillaarses sidekoes, kõhres, luukoes).

Närvine side keharakkude vahel luuakse närvirakkude kiukeste varal. Sellise närvise sideme kaudu keharakustiku osade vahel reguleeritakse viimaste vahel valitsevaid suhteid ja kooskõlastatakse nende tegevust looma kui terviku elu huvides.

Füsioloogiliseks sidemeks hulkrakse looma rakusüsteemide vahel on kas koemahl või veri (avatud vereringega loomil). Koemahl või veri on koerakkudele sisemiseks keskkonnaks e. miljööks, kust rakud ammendavad ainevahetuseks vajalikke aineid ja kuhu nad eritavad ainevahetusel tekkivaid kõlbmatuid osi. See sisemine keskkond viibib enamikul hulkrakseist loomist pidevas ringluses, luues seega sidet kõigi keharakkude vahel.

Eriti tähtsaks sisemise keskkonna sidendavaks teguriks on mitmesuguste endokriinsete (inkretoorsete) e. sisenõristusnäärmete (umbnäärmete) poolt sinna nõristatud hormoonid (inkreedid) e. ärritinõred. Hormoonid reguleerivad (analoogiliselt närvikavale) vastavate elundite tööd, korrastavad nende vahel valitsevaid vahekordi ja kooskõlastavad sõltuvust elundite ja looma kui terviku vahel.

Rakkude morfoloogiline diferentsiatsioon ja füsioloogiline spetsialisatsioon. Füsioloogiline integratsioon. Ainuraksel loomal sooritab kõiki elutalitlusi (aine- ja jõuvahetust ühes liikumisega, ärrituvust, kasvamist, sigimist) üksainus rakk. Amööbi kehaplasmas on erisuguste elutalitluste toimetamiseks välja arenenud vaid vähesed eriosad (ekto- ja entoplasma, tuum, pulssiv vakuool, toitekublik). Kinglooma kehas aga leiame erinevate füsioloogiliste tööde

toimetamiseks juba hulga asjaomaseid arendeid (ainevahetustoimeks makronukleus, suuväli, rakusuu, rakuneel, toitekublik, pulssiv vakuool, rakupärak; sigimistoimeks mikronukleus; energiavahetuseks ripsmed, müoneemid; ärrituvustoimeks neurofaanid; enesekaitseks paisatid jne.).

Selliste eripäraste koetiste (spetsiaalsete struktuuride) väljakujunemist vastavate elutööde hõlpsamaks ja otstarbekamaks sooritamiseks kutsutakse morfoloogiliseks diferentsiatsiooniks e. kuju- ja ehituse-eristumiseks.

Morfoloogilise diferentsiatsiooniga lahutamatult seotud elutalitluste eristumine (näit. ainevahetustoime eristumine kingloomal toidu nihutamiseks suuvälja piirkonda, toidu juhtimine rakusuu ja rakuneelu kaudu toitekublikusse, seedimata toidujäänukite väljaheitmine rakupäraku kaudu) kannab füsioloogilise spetsialisatsiooni (ergonoomia) e. elutalitluste eristumise (tööjaotuse) nime.

Elutöö, mida mitteseltsingulisel ainuraksel (amööbil, kingloomal) toimetab üksainus rakk, on seltsingulisel ainuraksel, näit. kerilasel, jaotatud hulga rakkude vahel. Siin võtavad osa aine- ja jõuvahetustoimeist kõik seltsingu rakud. Sigimistoimes aga on kerilasel tegevad ainult vähesed rakud (partenogoniidid e. neitsisigimisrakud ja rakud, millest arenevad suur- ja pisiseiglased). Tööjaotus rakkude vahel on kerilasel võrdlemisi lihtne: väikesed seltsingu seina moodustavad somaatilised (kehalised) rakud on kõik samal viisil seotud seltsingu isendilist elu võimaldava tööga, kuna liigi elu kindlustavad neist erinevad sugurakud.

Põhimõtteliselt võib ka hulkraksele loomale vaadata kui suurest arvust indiviididest koosnevale rakukolooniale. Kuid siin on füsioloogiline tööjaotus rakkude vahel hoopis kaugemale arenenud kui koloniaalseil ainurakseil. Selline tihedam tööjaotus esineb juba kõige lihtsamal hulkraksel — hüdral. Siin ei leia me mitte ainult erilisi sigimisrakke (mune ja seemneniite), vaid veel epiteelrakke, närvirakke,

kõrveti- ja sõmerrakke(näärmerakke), vahemikurakke. Epiteelrakud on omavahel töö jaganud: üks osa neist katab ja kaitseb looma ektodermirakkudena, kuna teine osa vooderdab looma maoõõnt entodermirakkudena, mille peamiseks ülesandeks on toidu seedimine ja imamine. Epiteelrakud oma lihasjätkega on ka liikumisriistadeks.

Kõrgemate hulkraksete kehas on rakkude morfoloogiline diferentsiatsioon ja füsioloogiline spetsialisatsioon hoopis sügavam ja täielikum kui hüdral. Vastavalt mitmesuguseile eriülesandeile on rakud siin morfoloogiliselt, s. o. kujult, ehituselt ja suuruselt väga mitmel viisil välja arenenud.

Sihvakad meelerakud ja haruliskiudjad närvirakud on kujunenud spetsialistideks ärrituvuse ja erutuvuse alal, kiudjad ja süstikjad lihasrakud liikumise alal, näärmerakud nõristamise, epiteelrakud keha kaitse ning seedimis- ja imamistoimete alal. Vere valgelibled täidavad kaitseväe, politsei ja sanitaride ülesandeid. Vere punalibled kannavad hapnikku hingamiselundeist teistele rakkudele. Vere hüübimisrakud hoolitsevad selle eest, et kergema haavamise puhul loom verest tühjaks ei jookseks. Munad ja seemneniidid võimaldavad liigielu alalhoidu.

Kuid vaatamata sellisele kaugele-arenenud füsioloogilisele spetsialisatsioonile sooritab iga rakuliik hulkrakse looma kehas ka elusollusele omaseid üldisi elutalitlusi (nagu on aine- ja energiavahetus, ärrituvus jne.). Ainult sigimisvõime on koetiselt kõrgesti eristunud ja talitluselt äärmiselt spetsialiseerunud rakkudel (eeskätt närvi- ja lihasrakkudel) täisealiselt kaotsi läinud.

Kuna füsioloogiline spetsialisatsioon ja morfoloogiline eristumine rakke üksteisest erinevaks muutes neid eraldab, töötab hulkraksete loomade elundites ka vastasprintsiip, mis ehituselt ja talitluselt samalaadseid rakke ühendab ja loob neist kõrgemaastmelisi ühikuid. Sellist hulkrakses loomas töötavat koondavat ja ühendavat toimet kutsutakse füsioloogiliseks integratsiooniks e. talitluslikuks taastarinduseks. Füsioloogilise

integratsiooni tegevusel seostuvad morfoloogiliselt ja füsioloogiliselt sama laadi rakud kõrgemaiks morfoloogilisiks individualiteetideks — kudedeks. Koes korrutub üksiku raku nõrk jõud tugevaks ühiskondlikuks, kollektiivseks tööks.

Kudede liigitus. Kudesid võib liigitada, lähtudes kas nende morfoloogilisest koetisest või füsioloogilisest tööst.

Füsioloogiliselt võib näiteks vahet teha kaitse-, liikumis-, ärrituvus- (erutuvus-), näärme-, sugu- jne. koe vahel.

Tavaliselt aga tarvitatakse liigituse aluseks eeskätt morfoloogilisi tunnuseid ning jaotatakse nende alusel kõik loomalised koed neljaks rühmaks: epiteelkude, sidekude, lihaskude ja närvikude.

Epiteel e. katekude katab looma keha väljastpoolt ja vooderdab selles olevaid õõsi (joon. 25).

Epiteeli iseloomustab ta levimine keha ja selle osade välis- või sisepindade suunas. Peale selle on epiteelile omane intertsellulaarsubstantsi e. rakkudevahelise aine vähesus või puudumine ja polaarne diferentsiatsioon e. nabamine eristumine. Epiteeli polaarne eristumine seisneb ta välispinna erinevuses sisepinnast, s. o. teiste elunditega ühenduses olevast pinnast.

Epiteel on niihästi onto- kui ka fülogeneetiliselt, s. o. isendi- ja suguvõsalooliselt kõige vanem, ürgsem koeliik. Lihtsamal hulkraksel — hüdral koosneb keha peamiselt epiteelist. Ka kõrgemate loomade varasemal looteastmel, näit. blastula- (põisloote-) ja gastrula-(karikloote-)järgus on keha oluliselt epiteelist.

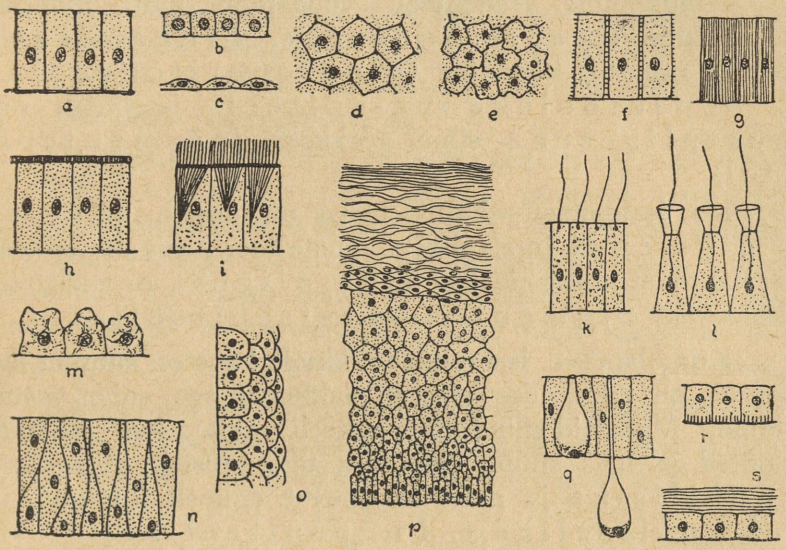
Histoloogiliselt, peenkoetiseliselt on epiteelkude üldjoonis vähem eristunud kui teised koeliigid.

Epiteelkude võib liigitada ta rakkude asendi, kuju, jätkete ja talitluse alusel.

Rakkude asendilt on epiteel kas ainukihiline või mitmekihiline. Ainukihiline epiteel koosneb ühestainsast, mitmekihiline aga mitmest ülestikku asetsevast rakukihist.

Rakkude kuju suhtes teeme vahet lame- e. lestepiteeli ja silindrilise e. prismalise epiteeli vahel.

Lame- ja silindriline epiteel võivad olla niihästi ainukui ka mitmekihilised.



Joon. 25. Epiteeli e. katekoe liigid (peale d ja e on kõik näha ristilõigus); a — kõrge silindriline e. prismaline epiteel, rakkude ülaotsi piiravad kittolluse liistakud; b — madal silindriline e. kuupepiteel; c — lame- e. lestepiteel; d, e — epiteeli pind; f — silinderepiteel plasmodesmidega e. plasmasillakestega; g — takelepiteel; h — kepikesepiteel; i — rips- e. virve-epiteel kuhikjate kiukeskimpudega; k — viburepiteel; l — kaelusene viburepiteel (käsnade koanotsüüdid e. kaelusrakud); m — kulenditega e. pseudopoodidega amöboidne e. kulendepiteel (solkme emakas); n, o — mitmekihilised epiteelid; p — mitmekihiline epiteel koosneb siin kahest peakihist; ülal on sarvkiht *(stratum corneum)*, mil puuduvad tuumad, ja all tekitus-, limas- e. malpighikiht *(stratum germinativum, mucosum, malpighi)*; q — epiteel ainuraksete näärmetega (tigu nahk); r — epiteel basaalfilamentidega e. alushormidega (neeruepiteel); s — epiteel kutiikula e. nahandiga (putuka nahk).

Ainukihilise lame- e. lestepiteeli rakud on enamvähem õhukesed, nõrga puhetisega tuuma kohal. Lestepiteeli ülalt vaadeldes leiame, et ühtedel juhtudel on raku piirjooned sirged ja rakud enamvähem korrapäraselt polügonaalsed e. hulknurksed, teistel jälle looklevad, või nad on vahevormid sirgete ja looklevate vahel. Polügonaalsete piirjoontega ainukihilist lestepiteeli nimetatakse ka kivitisepiteeliks, sest et rakkude asetus koes meenutab siin kivikeste asetust mosaiikteoses.

Ainukihiline lestepiteel vooderdab näit. inimesel kopsumulle (respiratoorne e. hingamisepiteel), rinna- ja kõhuõõnt (pleuroperitoneaalne e. kopsusoolekoopa-epiteel) ja katab nn. mustpiigesena silma võrkkesta (pigmentepiteel).

Kui lestepiteeli-rakkude kehas on musta värvise e. pigmendi (melaniini e. muste) teri, siis on epiteeli värvus must ja kõneldakse mustpiigest e. melaniini sisaldavast pigment- e. värvisepiteelist.

Kuna lame- e. lestepiteeli-rakkude laius on suurem kui kõrgus, on silindrilise epiteeli rakkudel see suhe vastupidine. Madalaid silindrilise epiteeli rakke, kus rakkude mõõted on igas suunas peaaegu ühesugused, kutsutakse kuubilisiks ja neist koosnevat epiteeli kuubiliseks epiteeliks e. kuupepiteeliks.

Inimesel ja imetajail näit. vooderdab ainukihiline silindriline epiteel seedekulglat, alates maolävisest (*cardia*) kuni pärakuni. Selgrootuil on silindriline epiteel väga tavaline kehakatteis.

Mitmekihiline epiteel koosneb vähemast või suuremast arvust rakukihtidest, millest oleneb ta paksus. Mõnikord on see paksus õieti suur — näit. imetajaist nn. paksunahalisil (ninasarvikul jt.).

Mitmekihilise epiteeli kõige alumine, sügavam kiht on harilikult silindrilisist rakkudest. See on nn. emakiht

(e m a p i n n a s) e. m a a t r i k s. Kõigi teiste kihtide rakud on tekkinud emakihirakkude sigimisest.

Mitmekihilise epiteeli keskmiste kihtide rakkude kõrgus on enamvähem võrdne antud rakkude muude mõõdetega. Ülemise kihi — pinnakihi rakud aga on kas lamedad või silindrilised.

Lamerakulise väliskihiga mitmekihilist epiteeli kutsutakse l a m e d a k s m i t m e k i h i l i s e k s e p i t e e l i k s vastandina s i l i n d r i l i s e l e m i t m e k i h i l i s e l e e p i t e e l i l e, kus väliskihirakud on silindrilised.

Lame mitmekihiline epiteel näit. katab inimese keha, silma sarvkesta, vooderdab suuõõnt, söögitoru jne.

Silindrilist mitmekihilist epiteeli leiame näiteks inimese silma sidekestas (*conjunctiva*'s).

Eriliseks mitmekihilise epiteeli vormiks on nn. ü l e m i n e k u - e p i t e e l, mis näiteks inimesel vooderdab kusepõit, kusejuhasid ja neeruvaagnat. Kui need elundid on pinguli (kusega täidetud), on ülemineku-epiteeli pinnapoolseima kihi rakud madalad (lamedad). On aga ülemineku-epiteel lõdvas seisundis (näit. tühja kusepõie puhul), siis on nimetatud rakkudel kõrgem, silinderjas kuju.

Rakud epiteelkoes on üksteisega seotud kas rakukehast rakukehasse ulatuvate tsütoplasmaniidikeste, nn. p l a s m o d e s m i d e e. p l a s m a s i l l a k e s t e (ka r a k k u d e v a h e l i s t e s i l l a k e s t e) või i n t e r t s e l l u l a a r s u b s t a n t s i e. r a k k u d e v a h e - o l l u s e g a. Viimane kannab ka k i t t o l l u s e e. k i t t s u b s t a n t s i nime.

Plasmasillakeste vahel olevaid i n t e r t s e l l u l a a r s e i d e. r a k k u d e v a h e l i s i r u u m e (lünki) täidab rakke toitev k o e m a h l e. l ü m f.

Eriliseks kittolluse-vormiks on nn. s u l g e m i s l i i s t a k u d. Need asetsevad rakkude välisotste, s. o. pinnapoolsete otste vahel ja, moodustades üheskoos rakuotsi sisaldava võrestiku, takistavad koemahla välja voolamast rakkudevahelisest ruumist.

Sulgemisliistakuid leiame peamiselt limaskestade epiteelis.

Rakkude väliste eristumiste — jätkete alusel jaguneb epiteel kulendiliseks, viburiliseks, ripsmeliseks, kaeluselis-viburiliseks, kepikes- ja meele- e. neuroepiteeliks.

Amöboidse kulendepiteeli rakud võivad välja sirutada kulendjaid, pseudopoodjaid jätkeid. Sellist epiteeli leiame mõnel alamal vormil seedekulglas (joon. 25, m).

Viburepiteeli-rakkudest on igaüks varustatud tavaliselt üheainsa või harva mitme viburiga (*flagellum*). Viburepiteeli leidsime hüdra gastrotsööli vooderdaval entodermil. Viburepiteel esineb paljude veeloomade looteil (blastulal e. põislootel ja gastrulal e. kariklootel) ja vastseil. Vastseil viburepiteel kas katab suuremat osa kehast või viburrakud esinevad ainult ribadena, nagu okasnahksete larvidel (aurikulaarial, pluuteusel, brahhiolaarial, bipinnaarial). Viburepiteel võib (näit. hüdral) ajutiselt muutuda kulendepiteeliks (joon. 25, K).

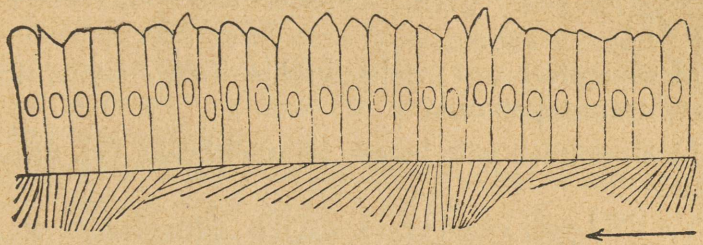
Kaeluselis-viburiline e. kaelusrakuline epiteel on eriline viburepiteeli-liik, mida leiame tavaliselt käsnadel. Rakkude viburi jalamit e. põhimikosa ümbritseb siin tsütoplasmast kaelus e. kollaar (joon. 25, l).

Ripsepiteeli- e. virve-epiteelirakke katab hulk peeni ripsmeid (*cilia*). Need ripsmed kõiguvad perioodiliselt ja nende paindumised toimuvad kindlas suunas. Kogu liikumispilt meenutab tuules lainetavat viljapõldu (joon. 25 A.).

Ripsepiteeliga on kaetud kogu kehapind mõnedel alamail vees elavail ussidel, nagu ripsussidel ja kärssussidel. Paljude veeloomade larvidel leiame ripsepiteeli ainult teataval kehapinna-osal, nagu rõngussidel, sammalloomil, limuseil jne. Ripsepiteeli leiame enamikul hulkrakseist mitmesuguste elundite siseruumide voodril (näit. seedekulgla, neerukanalite, sugujuhade osades).

Viburid ja ripsmed koosnevad tavaliselt *telgniidist* ja seda katvast *tsütoplasmakihist*. Telgniit on jäikjas, elastiline, valgust kaheli-murdev moodustis. Et viburi ja ripsme liikumist tingib telgniiti ümbritsev tsütoplasma, kannab viimane *kinoplasma* e. *liikumisplasma* nime.

Ripsmerakkude välispinnas, seal, kus ripsme põhimikosa rakust väljub, leiame tsütoplasmas ümmarikke, kepjaid või kaksiknuiakeste-kujulisi või kahest — üla- ja alakerakesest koosnevaid *basaal-* (*alus-*) *kehakesi*.



Joon. 25 A. Rips- e. virveepiteel.

Sageli näeme basaalkehakesist suunduvat kiukeselisi moodustisi sügavamale rakukehasse. Tihti on need kiukesed koondunud kuhikjaks kimbuks (joon. 25, i).

Kammloomil leiame kehapinnal meridionaalseid *rips-* e. *aerliistakute* ridu. Iga ripsliistak koosneb ristipidisest epiteelipuhetisest, mille rakkudest väljuvad ripsmed on kamjaiks moodustisiks ühte liitunud. Selliste kamjate ripsliistakute löökide varal toimub kammlooma kulgemine.

Vibur- ja *ripsepiteel* võivad olla nii *ainukui ka mitmekihilised*. Mitmekihiline esineb ainult selgroogseil. Inimesel leiame ainukihilist ripsepiteeli ninaõõne lisakoopais, peentes bronhhides (kopsulõõrides), munajuhades jne. Mitmekihiline ripsepiteel esineb inimesel Eustachi (kuulme-) tõris, ninapisara-juhades ja hingetorudes ninast kuni väikeste bronhhideni (peale häälepaelte veeru).

Kepikesepiteeli pinda katab kiht ühepikkusi rakupinnale ristipidi asetatud tihedalt pakitud kepikesi. Kepikesepiteeli leiame näit. inimese maos ja sooltorus. Nähtavasti on see kepikestekiht seoses raku võimega imeda sooltorust vett ja toitlahuseid.

Meele- e. neuroepiteelirakkude välisotsad on varustatud liikumatute karvakestega, kepjate või kuhikjate moodustistega. Neid rakujätkeid peetakse talitluselt osalt retseptoorseiks e. ärritust vastuvõtvaiks, osalt transformatoorseiks e. ärritust erutuseks muutvaiks seadistuiks (joon. 47).

Meele-epiteel on meele-elundite (näit. silma, kõrva jne.) tähtsam tegev osa.

Meele-epiteeli võib lugeda ka närvikoeks (vt. närvi- e. ergukude).

Takelepiteelirakkude tsütoplasma on kiukesiks (fibrillideks) eristunud. Kui selgrootuil lihased kinnistuvad epiteelile, siis esineb see takelepiteelina (joon. 25, g).

Kehapinda kattev epiteel kaitseb looma mehaaniliste vigastuste ja muude kahjulikkude mõjude eest peamiselt kahel viisil. Selgrootuil tekitab see epiteel oma välispinnale kutiikula e. koorkesta, kuna selgroogseil naha mitmekihilise epiteeli pinnapoolsemad kihid sarvuvad.

Selgrootute kutiikula esineb õhema või paksema, ühtliku või kihilise kestana, mis pideva kihina katab looma keha. Paiguti tungib see kutiikula mõnesuguste jätketena kehasisemusse või moodustab kehapinnal karvakesi, harjaseid või okkaid. On kutiikula paks, siis esineb ta eksoskeletina e. välistoesena.

Kutiikula all asetsevat ja seda tekitavat ainukihilist epiteeli kutsutakse hüpodermiseks e. emapinnaseks. Emapinnas on võrdne mitmekihilise epiteeli maatriksi e. emakihiga.

Eriti hästi on kutiikula välja arendatud lülijalgseil (putukail, ämblikel, vähkidel jne.) Siin koosneb ta erilisest lämmastikku sisaldavast süsivesikust (amiinopolüsahhariidist) — kitiinist. Paljudel (näit. vähkidel) on kitiin imbsetitatud (impregneeritud) süsihappekaltsiumist (mineraal kaltsiidi või arragoniidi kujul). Seni kui lülijalgne kasvab, heidab ta ajajärguti vana kutiikula ära, asendades selle hüpodermise tegevusel väljakujunenud uuega.

Limuste kodasid ja karpe moodustab süsihappekaltsiumiga imbsetitatud kitiinjas orgaaniline aine konhioliin e. konhiin. Need kojad ja karbid kasvavad uute konhioliinikihtide tekkimisel vana koja veermistel osadel. Seega ei toimu nooril kasvavail limuseil — vastandina lülijalgseile — kaitsva kesta, s. o. koja või karbi ajajärgutist äraheitmist ega taastekkimist.

Selgroogseil peale kalade on keha katva mitmekihilise epiteeli pinnapoolsed kihid sarvunud, moodustades paksema või õhema sarvkihi (*stratum corneum*). Sarvkihi all olevate rakkude tsütoplasmas tekivad nn. keratohüaliini- e. eleidiiniterad, mis väljaspoolseis kihtides muutuvad keratiiniks e. sarvaineks. Naha sarvkiht koosnebki selliseist sarvunud, surnud rakkudest (joon. 25, p).

Sarvkihis toimub pidev või ajajärgutine uuenemine. Vanad iganenud sarvkihiosad pudenevad pisemate või suuremate kildudena kehapinnalt lahti (kõõmamine, kestamine). Mõnedel roomajail (näit. nastikul) tuleb vana sarvkiht tervena maha.

Paiguti võib sarvkiht kasvada õige paksuks (jalgade tallamõhnad) või eristuda keha kaitsvaiks või soojusvahekordi reguleerivaiks moodustisiks, nagu sarvsoomused, sarvkilbised, suled, nokatuped, küünised, küüned, kabjad, õõnessarveliste sarvetuped jne.

Ka epiteelrakkude seespoolsed otsad võivad arendada erilisi moodustisi. Siia kuulub epiteeli all asetsev kile — basaal-lamell e. alusõhik, mis tavaliselt lahutab epiteeli selle all olevast sidekoest. Samuti kuulub siia hai-

ja raikalade plakoidsoomuste e. nahahammaste ja selgroogsete hambakroonide vaap e. email. Email koosneb pikkadest õhukesist mineraalainega imbsetitatud orgaanilise aine prismadest, millest igaüks osutub üheainsa epiteelraku tekiseks.

Näärmed. Epiteelsed moodustised on ka näärmed (*glandulae*). Näärmed on epiteelrakud või epiteelrakkude kogumikud, mis valmistavad mingit nõret. See nõre on tavaliselt vedel, harvemini tahke või gaasiline. Gaasinäärmed esinevad kalapõies ja putkeliste õhukambris.

Kui näärmenõre on looma majapidamises vajalik, siis kutsutakse seda sekreediks e. nõreks. Kuulub see aga kui loomale kahjulik aine kehast kõrvaldamisele, siis on näärme toode ekskreet e. eritis.

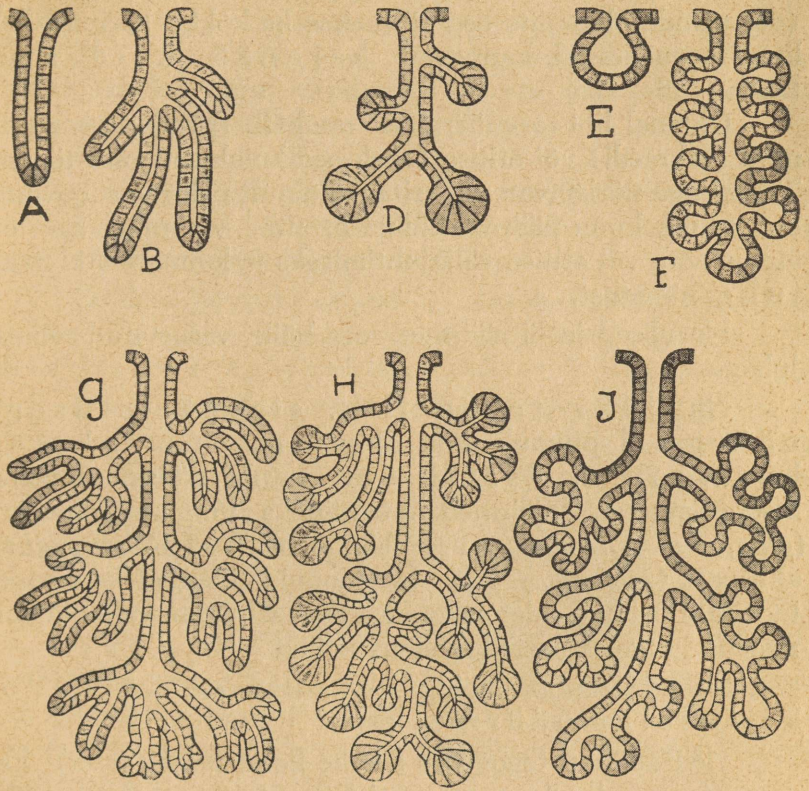
Näärmed on ainu- ja hulkraksed. Ainuraksed näärmed koosnevad ühestainsast rakust ja iseloomustavad selgrootuid ning kalu. Hulkraksed näärmed, koosnedes rohkem kui ühest rakust, on omased eeskätt selgroogseile.

Ainurakne nääre asetseb tervikuna kas teiste epiteelrakkude vahel või ta peaosa (tuumaga) on nihkunud epiteeli alla. Sellisel korral on näärmerakk varustatud lühema või pikema juhaga, mis epiteelrakkude vahelt suubub epiteeli pinnale.

Hulkrakset nääret võib kujutella kui moodustist, mis on tekkinud näärmelise epiteeli sissesopistumisel selle all asetsevaisse kudedesse. Välislaadilt on need näärmeepiteeli-sopised kas terves ulatuses torukujulised või torude umbsed otsad on paisunud kotjaks või kerajaks või näärmesopis on terves ulatuses kerajas. Esimene rühm hulkrakseid näärmeid kannab tubuloossete e. torunäärmete, teine tubulo-atsinoossete e. toru-mullnäärmete, kolmas alveolaarsete e. sompnäärmete nime. Nii toru-, toru-mull- kui ka sompnäärmed võivad esineda lihtvormides, harulisis vormides ja liitvormides (joon. 26).

Liht-, toru-, toru-mull- ja sompnääre esinevad lihtsa, mitteharalise toruna, mulliga lõppeva toruna või sombuna.

Haruline toru-, toru-mull- ja sompnääre koosnevad mitmest vastavast lihtnäärmest, kuna liit-, toru-, toru-mull- ja sompnääre esinevad vastava harulise näärmeliigi kogumikuna, mille kõik osad suubuvad välja ühise avana.



Joon. 26. Hulkraksete näärmete tüübid. A — liht- tubuloosne e. torunääre; B — haruline torunääre; D — haruline tubulo-atsinoosne e. toru-mullnääre; E — liht- alveolaarne e. sompnääre; F — haruline sompnääre; G — liit-torunääre; H — liit- tubulo-atsinoosne e. toru-mullnääre; I — liit- alveolaarne e. sompnääre.

Nii toru- kui ka toru-mullnäärmeis on näärme lõpmiste soppide valendik e. luumen kitsas, kanali laadi, sompnäärmeis aga laiaks paisunud, kotjas või kerajas.

Erilise näärmerühma moodustavad tubulo-alveolaarsed e. toru-sompnäärmed. Need on lihid või harulised torude süsteemid, mis lõpevad kerajaid valendikke sisaldavate sompudega (vastandina tubuloatsinoosseile e. toru-mullnäärmeile, mille lõpposade valendikud on kanalikujulised).

Liht- ja mõnikord ka harulisil torunäärmeil on toru (või torude) lõpmine osa päsmakeseks kokku keritud. Sellised torunäärmed kannavad keranäärmete nimetust.

Ühtedel liht-torunäärmeist on kõik rakud rakendatud nõre (sekreedi) või eritise (ekskreedi) valmistamise töösse. Teistel aga nõristavad või eritavad ainult näärme sügavama osa rakud, kuna näärme väline e. nn. viimaosa on ainult nõre või eritise väljajuhtimiseks ja kannab viimajuha nimetust.

Harulised ja liitnäärmed on kõik varustatud viimajuhaga.

Nn. inkretoorseil e. sisenõristusega näärmeil puudub juha. Nende nõre, nn. inkreet, hormoon e. ärritinõre satub näärmest verre. Sisenõristusega näärmed on näiteks inimese kilpnääre (*glandula thyreoidea*), neerulähine nääre (*gl. adrenalis*). ajuripats (*hypophysis*) jt. Hormoonide ülesandeks on soetada talitluslikku sidet asjaomaste kehaelundite vahel ja korrastada ja kooskõlastada viimaste tööd.

Sisenõristusega näärmeid kutsutakse ka endokriinseiks näärmeiks.

Näärmeraku tegevuses leiame kolm faasi (astet). Esimene faas seisneb toormaterjali vastuvõtus, teine nõre tekkimises ja kolmas nõre rakust eraldamises. Igas näärmeraku tegevusastmes võime tähele panna rakukehas erisuguseid struktuuri-(koetise-)muutusi.

Teises, s. o. nõre tekkimise faasis leiame rakukehast nn. nõreteri e. sekreetgraanulaid, millest hiljem tekib nõre. Nõreterade kujunemisest võtavad mõnikord osa mitokondriad e. sõmerpihud. Ka

Golgi aparaat näib puhuti nõre tekkimises tegev olevat.

Näärmeraku kolmanda tegevusfaasi, s. o. nõre rakust eraldamise toimes tehakse vahet apo-, mero- ja holokriinsete näärmete vahel.

Apokriinne e. laostumatu nääre on selline, mil nõre eraldamise puhul rakust rakukeha püsib tervena.

Merokriinne e. osaliselt laostuv on nääre siis, kui nõre eraldus on seotud rakukeha välisosa, s. o. osalise hävimisega.

Holokriinne e. täisilaostuv on selline nääre, mille rakk (või rakud) nõre eraldamisel täiesti laostub ja hukkub. Hukkunud näärmerakke asendavad uued, mis tekivad erilisist tagavararakkudest.

Öeldust järgneb, et apo- ja merokriinsed näärmed on vitaalse e. elupuhuse, holokriinsed aga nekrobiootilise e. kärbuselulise nõristusega.

Ühed apokriinseist näärmeist töötavad ajajärguti — perioodiliselt. Rakk võtab endasse esmalt tooraineid. Sellele järgneb nõre tekkimistoime. Lõppeks saadetakse nõre välja ja tekib lühem või pikem puhkeperiood. Peale seda algab talitlus uuesti ja toimub ikka samas järjestuses.

Teised apokriinseist näärmeist töötavad pidevalt e. kontinuiirselt. Nad võtavad endisse tooraineid vahetpidamata. Nõre tekkimine toimub pidevalt, samuti ka nõre eemaldamine rakust. Siin ei järgne näärmeraku kolm tegevusfaasi üksteisele, vaid need toimuvad rööbiti, samaaegselt.

Side- e. tugikude. Side- e. tugikoe ülesandeks on siduda ja toetada muid kudesid, liita neid elundeiks ja ühendada elundid looma kehaks.

Kuna epiteelkoes rakkudevaheline aine puudub või seda on väga vähe, on enamikul sidekoeliikidest rakkudevahelist ainet suhteliselt rohkem kui rakke.

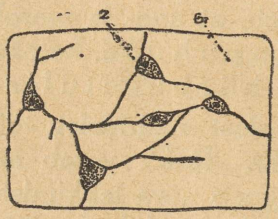
Sidekoe liigitus rajaneb rakkudevahelise olluse hulgale,

struktuurile (koetisele) ja füüsilisile ning keemilisile omadusile.

Rakkudevahelise olluse hulga alusel jaguneb sidekude kolmeks eri rühmaks. Esimene neist on rohke rakkudevahelise ainega, teine vähesega või koguni ilma rakkudevahelise aineta. Kolmas on nn. neuroglia e. närviturb. Närviturval puudub rakkudevaheline ollus ja ta enese rakud asetsevad teise koe (närvikoe) rakkude vahel.

Rikkaliku rakkudevahelise ollusega sidekoeliikideks on tarteljas, kiukeseline ja võrguline sidekude, kõhre- ja luukude. Siia kuuluvad ka veri ja koemahl e. lümf, ehkki neil on rakkudevaheline ollus vedel.

Tartelja sidekoe e. limaskoe põhiollus koosneb pehmest lima- või munavalgetaolisest ainest.



Joon. 27. Tarteljas sidekude e. limaskude (meduusi). z — sidekoerakk; gr — põhiollus.

Mõnikord leiame ses aines kiukesi (fibrille), mis võivad olla ühinenud ka peeneks võrkmikuks (joon. 27).

Põhiolluses asetsevad kerajad, munajad või haralised rakud. Haralised rakud võivad olla oma harude kaudu üksteisega ühenduses. Ka võivad tartelja sidekoe rakud sooritada kulendjaid, amöboidseid liigutusi.

Tarteljat sidekude leiame käsnadel, karikloomil (sküfomeduusidel), selgroogsete looteis ja selgroogsete silma klaaskehas.

Käsnade tarteljas sidekoes esinevad tavaliselt erilised sidekoerakud — skleroblastid e. toesemoodustajad, mis soetavad orgaanilisest või anorgaanilisest ainest skeletiosiseid.

Et tarteljas kude etendab tähtsat osa selgroogsete looteis, nimetatakse seda ka embrüonaalseks e. looteliseks sidekoeks. Selgroogsete embrüonaalsest sidekoest arenevad kõik teised selgroogsete kehas esinevad sidekoeliigid ühes kõhre, luu ja verega.

Fibrillaarne e. kiukeseline sidekude koosneb ühtlikust, homogeensest põhiollusest, selles asetsevaist fibrillidest e. kiukesist ja rakkudest.

Kiukesed-fibrillid põhiolluses kas kulgevad risti-rästi igasuguseis suunis või paigustuvad korrapäraselt rööbikuti üksteise kõrval. Selgroogseil on fibrillid tavaliselt hulgiti kimpudeks koondunud.

Et kiukesed keetes annavad liimi — glutiini, kutsutakse neid ka kollageenseiks e. liimi tekitavaiks kiukesiks. Aluste või hapete mõjul kiukesed või nende kimbud punduvad, paistetuvad üles.

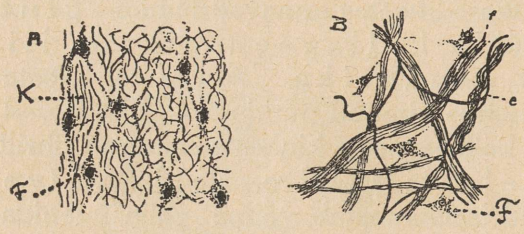
Peale kollageensete kiukeste esinevad fibrillaarses sidekoes veel elastilised e. kerksed (vetruvad) kiud. Neid iseloomustab võime välja venida ja uuesti kokku tõmbudes endist kuju omandada. Ka ilmutavad nad suuremat valgusemurdmist kui kollageensed fibrillid. Elastilised kiud ei anna keetes liimi ning on hapete ja aluste mõjule vastupidavamad kui kollageensed kiukesed. Katkirebitult tõmbuvad nad spiraalselt keerdu. Elastilised kiud võivad hargneda ja üksteisega ühinedes moodustada võrkmikke või avadest läbitud lestjaid osiseid (näit. selgroogsete tuiksoonis).

Olulisemad fibrillaarse sidekoe rakkudest esinevad süstikjate või haruliste moodustistena ja kannavad fibrotsüütide e. kiurakkude nime. Et arenevas koes kiukesed tekivad vastavate fibrotsüütide tsütoplasmas, millest nad alles hiljem eralduvad iseseisvaks, siis nimetatakse noori fibrotsüüte ka fibroblastideks e. kiumoodustajaiks.

Kollageensete kiukeste või nende kimpude asetsemissuuna alusel jaguneb fibrillaarne sidekude kaheks pealiigiks: kobedaks e. kohevaks ja tihedaks. Kohevas e. kobe-

das fibrillaarses sidekoes asetsevad kollageensete (liimi tekitavate) kiukeste kimbud korratult (joon. 28), tihedas fibrillaarses sidekoes aga enamvähem korrapäraselt (kulgedes üksteise suhtes rööbiti) (joon. 30).

Fibrillaarset sidekude leiame õisloomil, lülijalgseil ja eriti rikkalikult selgroogseil. Kohev sidekude on selgroogsete kehas väga laialdase esinemisega. Ta on otsekui tsemendiks, mis muid kudesid toetab, seob ja neid elundeiks ühte liidab. Tihedast sidekoest koosnevad selgroogseil kõõlused (*tendines*), mille varal lihased kinnituvad vastavaile toeseosadele, ja sidemed e. li-



Joon. 28. Kohev e. kobe fibrillaarne e. kiukeseline sidekude. A — õislooma; B — selgroogse; e — elastiline e. kerkne kiud; f — kollageensete e. liimi tekitavate kiukeste kimp; F — fibrotsüüt e. kiurakk (sidekoerakk); K — kollageenne kiuke.

gamendid, mis luid ja kõhreid toeses ühte seovad ja liigeseid ümbritsevad.

Elastiline e. kerkne (vetruv) sidekude on eriline sidekoevorm, mis on väga rikas elastilisist kiududest. Elastilist sidekude leiame näiteks karbiliste limuste karbisidemeis ja imetajate selgroolülisid siduvas kollassidemes (*ligamentum flavum*).

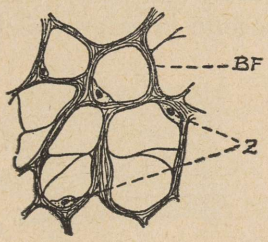
Retikulaarne e. võrguline sidekude koosneb eriliste haruliste rakkude võrkmikust, mille silmi täidab tavaliselt lümfotsüüte e. mahlarakke (mahlakehakesi) sisaldav vedel vaheaine (joon. 29). Võrkmiku sõlmosi moodustavad rakutuumad raku keskosaga, võrkmiku niite aga piirdepoolsed tsütoplasmaosad

ja viimaste väliskihis kulgevad kiukesed, nn. retikuliinikiukesed.

Retikulaarset sidekudet leiame selgroogsete lümfisõlmedes ja -näärmeis, põrnas ja luuüdis. Et need elundid soetavad mahla-(lümfi-)rakke (vere valgeliblesid), nagu näärmed valmistavad nõret, siis kannab neid koostav kude ka adenoidse e. näärmetaolise koe nime.

Kõhrkude koosneb põhiollusest ja sellesse paigustatud rakkudest. Põhiollus on pooltahke, jäiktarteljas ja koosneb mitmesuguseist valguühendeist (kondromutsiinist, glükoproteiididest) ja kondroitiinväävelhappest.

Põhiolluses asetsevad kõhrerakud on kujult tavaliselt kas kerajad või munajad, harvemini lamedad või



Joon. 29. Retikulaarne e. võrguline sidekude (imetaja). BF — retikuliinikiukesed; z — fibrotsüüt e. kiurakk (sidekoerakk).

koguni harulised (joon. 34) (peajalgseil limuseil, mõnel haikalalisel). Kõhrerakud e. kõhrekehakesed peituvad põhiolluses olevais kõhrekoopais e. -kihnudes (-kapsleis) kas üksikult, paariti või koguni rühmiti (3—4 tükki koos).

Elusas rakus täidab kõhrerakk kogu kõhrekoobast. Surnud koes aga on rakud kokku tõmbunud, jättes enda ja koopaseina vahele pilu.

Põhiaine peenkoetise alusel jaguneb kõhrkude hüaliinseks, fibrillaarseks, elastiliseks ja granulaarseks kõhrkoeks.

Hüaliinse e. klaaskõhre põhiollus on ühtlik ehk homogeenne ja klaasjas (näit. luude liigespindadel) (joon. 32).

Fibrillaarne kõhr e. kiudkõhr sisaldab

rohkesti kollageenseid fibrille (näit. selgroolülide vahekettais).

Elastilise e. kerkse kõhre põhiolluses leiame elastilisi kiude või neist koosnevaid võrkmikke, mistõttu elastilist kõhrkude nimetatakse ka retikulaarseks kõhreks e. võrkkõhreks. Elastilisest kõhrkoest koosneb näit. kõrvalesta toes (joon. 33).

Granulaarne e. teraline (sõmerjas) kõhrkude sisaldab lubjasõmeraid või neist koosnevaid võrgendeid (näit. haikalalisil).

Parenhüümkõhre e. tülbkõhre e. kondroidkudet iseloomustab vähene põhiolluse hulk ja tihedamad rakukestad (joon. 31). Sellist rakurikast kõhrkude leiame mõne rõngussi (*Sabella*) kombitsais, tigude keele höörla e. raadula toesena ja selgroogseist sõõrsuulisil.



Joon. 30. Tihe fibrillaarne e. kiukeseline sidekude (imetaja kõõlusest).

Kõhrkoest koosnevaid toeseosi ümbritseb fibrillaarsest sidekoest kest — perikonder e. kõhreümbris. Kõhreümbris on emakoeks, mille tegevusel kõhr kasvab ja oma haavu parandab. Kõhre kasvamine toimub peamiselt apositsiooni e. pealistumise teel, kus vana kõhre katavad uued kõhrekihid. Vähemal määral kasvab kõhr ka intussustseptsiooni e. sissetuppumise teel. Sissetuppumisel soetavad kõhrerakud endi ümber uusi põhiolluse kihte.

Luukude. Nagu muudki sidekoeliigid, nii koosneb ka luukude põhiollusest ja rakkudest.

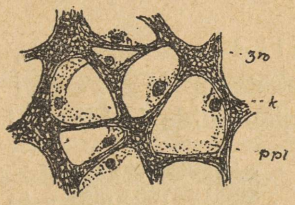
Põhiolluse moodustavad osalt orgaanilised, osalt anorgaanilised osised. Orgaanilise osise põhiollusest moodustuvad kollageensed fibrillid (e. liimi teki-

tavad kiukesed) ja nende vahel olev interfibrillaarne e. kiukestevaheline aine (osseiin e. luuaine).

Anorgaanilised põhiolluse osised on ülitillukesist (submikroskoopilisist) vosvorhapu-kaltsiumi ja magneesiumi ja fluoorhapu-kaltsiumi kristallidest. Need mineraalsed osad on paigutatud orgaanilise põhiolluse interfibrillaarsesse ainesse.

Anorgaanilisi aineid võib luust kõrvaldada hapete abil. Seda toimet nimetatakse dekaltsineerimiseks e. lubjatustamiseks. Dekaltsineeritud luu on pehme ja kannab luukõhre nime. Kui dekaltsineeritud luu on pikk, siis võime selle isegi sõlme keerata.

Orgaanilisist aineist võib luud vabastada läbipõletamise teel. Mis põletamisel järele jääb, on luutuhk.



Joon. 31. Kondroidkude e. kõhrjas kude e. parenhüümkõhr (tülpkõhr). k — tuum; ppl — tsütoplasma; zw — vaheollus.

Luukude on mehaaniliselt kõva ja ühtlasi kerkne (vetruv), olles seega otstarbekaks toesematerjaliks.

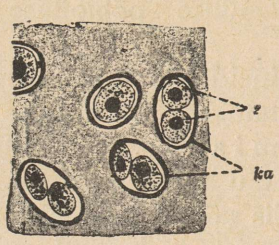
Väljastpoolt katab luud fibrillaarsest sidekoest periost e. luuümbris. Luuümbrise abil toimub luu pinnapoolne kasvamine ja luuhaavade paranemine.

Vaadeldes toruja luu (näit. reieluu) ristlõiku leiame selle koosnevat välisest (periosti all asetsevast) tihke- e. plinkollusest (*substantia compacta*) ja sellest seespool olevast käsnollusest (*substantia spongiosa*), mis piirab luuõõnt.

Tihkeollust läbivad peamiselt pikisuunas kulgevad Haversi kanalid, mis sisaldavad veresooni ja närve. Längu olevate või ristisuunaliste harude varal on Haversi

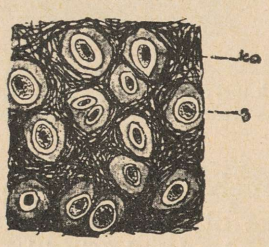
kanalid ühenduses niihästi omavahel kui ka luu välispinnaga ja luuõõnega.

Luu tihkeollust lähemalt uurides leiame selle koosnevat neljast õhiku- e. lamellisüsteemist. Välised üldlamellid moodustavad kontsentriliste, ühiskeskmeliste kihtidena tihkeolluse välisseina, sisemi-



Joon. 32. Hüaliinne e. klaaskõhr (imetaja). z — kõhrerakud; ka — kõhrekoopad (-kihnud, -kapslid).

sed üldlamellid aga siseseina. Haversi kanaleist ümbritseb igaühte süsteem Haversi lamelle. Vahesid väli- ja sise-üldlamellide ja Haversi lamellide vahel täi-



Joon. 33. Elastiline e. kerkne kõhr (imetaja). Z — rakk; ka — kõhrekoobas (-kihn, -kapsel).

davad interstitsiaalsed lamellid e. vahemikulamellid (joon. 36).

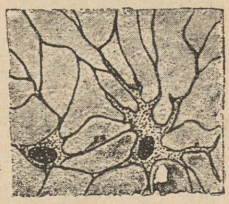
Kollageensete fibrillide suund kahes naaberõhikus e. -lamellis on tavaliselt vastakane — ühes piki-, teises ristipidine ja seega vahelduvad igas lamellisüsteemis ristipidiste fibrillidega õhikud pikisuunaliste fibrillidega õhikutega.

Luurakud e. luukehakesed on kujult harulised ja asetsevad tavaliselt ridastikku luuõhikute vahel.

Luuollust läbistavate peente kanalikeste kaudu on naaberrakkude harud üksteisega ühenduses.

Embrüoloogilise arenemise alusel tehakse vahet kondrogeensete e. kõhretekkeste ja desmogeensete e. sidekoetekkeste luude vahel.

Kõhretekkesed luud arenevad kõhrest viimase hävimisel, sidekoetekkesed aga vahetult fibrillaarsest sidekoest.



Joon. 34. Kõhrkude haruliste rakkudega (peajalgsete limuste pea kõhres).

Luu tekkimisel astuvad tegevusse tulevase luuümbrise erilist osa moodustavad rakud — osteoblastid e. luumoodustusrakud. Need valmistavad luu põhiollust. Üksikud osteoblastid aga satuvad põhiollusesse, ku-



Joon. 35. Luukoe teke. a, a1 — osteoblastid e. luumoodustusrakud; b, b1 — luurakud e. luukehakesed.

junedes siin luulamellide vahel asetsevaiks luurakkude (-kehakeste) ridadeks (joon. 35).

Vasttekkinud luu pole lõplik, vaid allub noore looma arenemisega ümberkujunemisele. Seejuures tulevad esile erilised rakud, nn. osteoklastid e. luuhävitusrakud, mis laostavad ära vana luu. Vanade hävivate õhikute asemele tekivad uued korrapärasemad, mida valmistavad osteoblastid.

Osteoblastid püsivad epiteelja kihina ka valminud luus, kattes periosti (luuümbrise) sisekihina luud väljastpoolt ja vooderdades luuõõnt ning Haversi kanaleid.

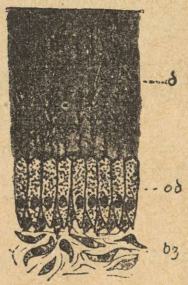
Nii onto- kui ka fülogeneetiliselt on luu kõige noorem, hilisem sidekoeliik.



Joon. 36. Luukude (ristilõik inimese luust). c — Havers'i kanalid; Eg — välised üldlamellid; I — interstitsiaalsed e. vahemikulamellid; H — Havers'i lamellid.

Luukude leiame ainult selgroogseil (peale sõõrsuuliste ja varilõpuseliste).

Dentiin e. hambaluu esineb luukoe eri liigina. Dentiin erineb tavalisest luukoest selle poolest, et ta rakud



Joon. 37. Dentiin e. hambaluu (kukkurroti hambasugemest — skeem) bz — hambasäsi sidekoerakud; od — odontoblastid e. hambaluumoodustajad; d — dentiin e. hambaluu.

ei asetse mitte koe sees, vaid koe pinnal. Dentiini põhiollust läbib suur arv harulisi, üldiselt üksteisega rööbikuti kulgevaid dentiini- e. hambaluu-kanali-

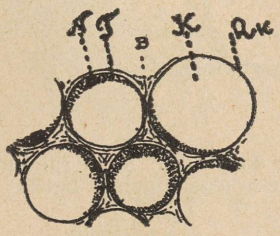
kesi. Neis kanalikesis paigustuvad ülalmainitud rakkude pikad harulised jätked.

Dentiinkoerakke nimetatakse odontoblastideks e. hambamoodustajaiks.

Dentiini leiame, nagu luukudegi, ainult selgroogseil (joon. 37).

Kõhr, luukude ja hambaluu esinevad tugikoena sõna kitsamas mõttes.

Põhiollusevaesteks või koguni ilma põhiolluseta sidekoeliikideks on peale ülalmainitud parenhüümkõhre e. tülbkõhre e. kondroidkoe ka rakuline e. kordoidne



Joon 38. Põisjas e. vesikuloosne, rakuline e. tülb- (parenhümatoosne) kude, kordoidne e. keelikjas kude (limuse). B — sidekoeline põhiollus, milles asetsevad põisjaid kublikuid sisaldavad rakud; N — rakutuum; T — tsütoplasma e. rakukehaplasma; Rk — rakukest; K — kublik e. vakuool.

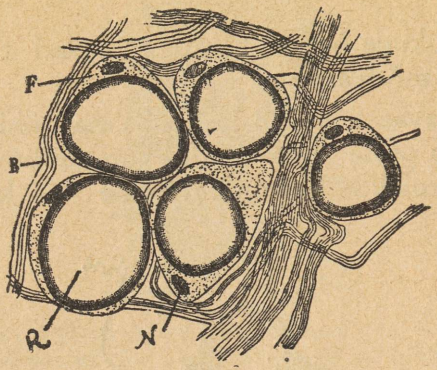
(keelikjas) e. vesikuloosne (põisjas) sidekude ning rasvkude.

Kordoidne kude koosneb hästiarenenud kestadega rakkudest, mille tsütoplasmas on rohkesti rakumahlaga täidetud vakuoole e. kublikuid (joon. 38). Et neis kublikuis valitseb võrdlemisi kõrge hüdrostaatiline rõhk, siis on neid sisaldavail rakkudel vastav pinge — turgor e. turdus ja kogu kude on jäikjas ning kohane talitlema toesena.

Rakulist e. kordoidset kude leiame nii selgrootuil (hüdroidide kombitsais, lameussidel, limuseil, lülijalgseil) ja samuti ka selgroogsete seljakeelikus e. kordas (*chorda dorsalis*). Seljakeelikut kui erilist tugi-

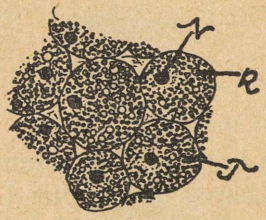
elundit kohtame kõigi selgroogsete looteis ja mõnel alamal vormil (sõõrsuulisel, kopskalal, tuural) ka täisealisil.

Rasvkude koosneb põisjaist rakkudest ja nende vahel olevast vähesest kobeda fibrillaarse sidekoe põhiainest. Põisjaid, kestaga varustatud rasvarakke täidab üks-



Joon. 39. Imetaja rasvkude. N — rakutuum; F — tsütoplasma e. rakukehaplasma; R — rasvaga täidetud kublik; B — sidekoe kiukesed.

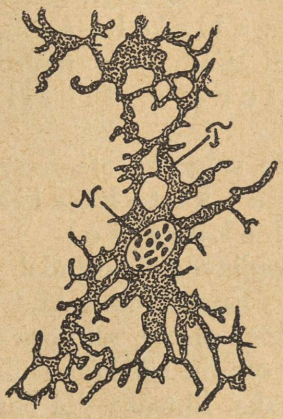
ainus suur või mitu vähemat rasvatilka, kuna tsütoplasma tuumaga on surutud raku piirdeossa (joon. 39 ja 40).



Joon. 40. Putuka vastse rasvkude. N — rakutuum; R — suurem rasvatilgake; T — tsütoplasma väikeste rasvatilgakestega.

Rasvkude esineb niihästi selgrootuil kui ka selgroogseil (nahaaluses sidekoes, rasvikus jne.). Rasvkoe ülesandeks on olla rasva kui varuaine talletuspaigaks (panilaks). Kõrgemail loomil (imetajail, lindudel) võib nahaalune rasvkude olla kaitseks külma ja keha tabavate mehaaniliste tõugete eest.

Pigment- e. värviskude on kobe fibrillaarne sidekude, mil osa fibrotsüüte e. kiurakke sisaldab pigmenti ja kannab pigmendirakkude e. kromatofooride e. värvisrakkude nime. Pigment esineb sidekoelisis kromatofoorides tavaliselt peente ümmarikkude või kepjate terakestena. Pigmendi värvi alusel tehakse vahet melanofooride e. musterakkude, ksantofooride e. kollarakkude, erütrofooride e. punarakkude ja leukofooride (e. guanofooride e. iridotsüütide) e. valge- (hõbe-)rakkude vahel.



Joon. 41. Pigment- e. värvisrakk aksolotli (sabakonnalise) nahaalusest sidekoest. N — rakutuum; T — tsütoplasma pigmenditeradega.

Melonofooride värvis — melaniin e. muste tekib türosiinist (aromaatiline amiinohape) hapenduse teel. Erütro- ja ksantofooride punased ja kollased pigmendid koosnevad sageli nn. karotiinidest.

Pigmenditerad esinevad rakukehas kas hajusalt või paigustatult ja kas püsivad ikka samas paigas (joon. 41) või muudavad aset, kuhjudes raku keskossa ja levides siit uuesti kõikjale (joon. 42). Viimasel korral sisaldab tsütoplasma sageli kiirjaid (radiaalseid) kanaleid, mis kokku jooksevad raku keskosas asetseva tsütotsentrumi (tsentrosoomi) poole ja mida kaudu toimub äsjamainitud pigmenditerade

ränne rakukehas. Sellist pigmenditerade rännet põhjustab nähtavasti kiirjaid kanaleid ümbritseva tsütoplasma korrapärane kokkutõmme ja lõtvumine.

Pigmenti võivad sisaldada ka teiste koeliikide (närvi-, lihaskoe) rakud. Eriti sageli esineb see aga epiteelrakkudes ja nende tekiseis (näit. kutiikulas) (vt. kate).

Neuroglia e. närviturb etendab närvikoe suhtes sama osa, mis on näiteks kobedal fibrillaarsel sidekoel lihaskoe suhtes. Nagu kobe fibrillaarne sidekude lihaskoerakkude vahele, nii tungib neuroglia närvirakkude ja nende harude (kiudude) vahele, kaitstes ja toetades neid.

Neurogliarakud tekivad nagu närvirakudki loote ektodermist e. välislehest. Nagu retikulaarse sidekoe rakkudes, nii leiame ka neurogliarakkude tsütoplasma väliskihis kiude e. fibrille, mil on nähtavasti toetav talitlus.

Neuroglia esineb selgroogsete närvikavas kahel kujul — epiteelsel e. katekoelisel ja mesenhüümsel e. vahekoelisel.

Epiteelset neurogliavormi esindab ependüüm e. ajuvooderdis. Ependüümirakud vooderdavad selja- ja peaajuõõsi. Ajuõõnt piirav rakuosa on epiteelne, kuna väljapoole suunatud ots on siirdunud üheks või mitmeks, lühemaks või pikemaks, lihtsaks või haruliseks kiuks.

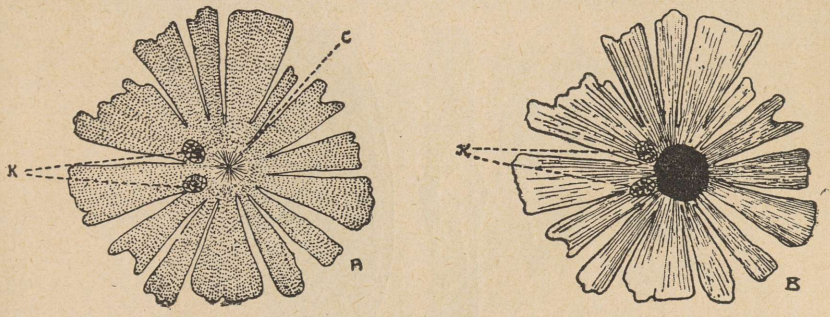
Mesenhüümsed neurogliarakud — astrotsüüdid e. tähtrakud on kujult tähtjad, olles varustatud paljude kas lühemate ja jämedamate või pikemate ja peenemate lihtsate või haruliste harudega. Astrotsüütide harud on tunginud kõigis suunis närvirakkude ja nende harude vahele, moodustades viimastega koos neuripileemi e. närvivildi.

Verd ja **lümfi** e. koemahla kui sidekoe erilisi vorme iseloomustab vedel rakkudevaheline ollus — vere-(lümfi-)plasma e. vereleem.

Selgroogsete vereleemes leiame kujult ja värvilt kahte liiki vabalt ujuvaid rakke — amöbotsüüte e. amööbrakke ja kromotsüüte e. värvirakke. Amöbotsüüdid on värvita ja võivad oma kuju

muuta nagu amööbid. Kromotsüüdid sisaldavad värvainet — hemoglobiini e. verepuna ja nende kuju on püsiv. Kromotsüüte kutsutakse tavaliselt erütrotsüütideks e. vere punalibledeks.

Erütrotsüüdid on pehmed, ülielastilised, kujult kas ovaalsed (kaladel, kahepaikseil, roomajail, lindudel, imetajaist kaamellasil) või ketasjad (sõõrsuulisil ja enamikul imetajaist) (joon. 43). Kindel kuju oleneb toesekiukesist, mis asetsevad erütrotsüütide servades nagu võrud. Üksi-



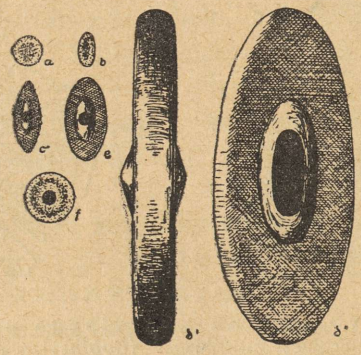
Joon. 42. Musta või pruuni värvisega pigmentrakud e. melanofoorid [luukalast mudilasest (*Gobius*)]. A — pigment levib hajusalt tähekujulises rakukehas; B — pigment on kokku kuhjunud raku keskusse; K — tuumad; c — rakukese e. tsütotsentrum (ka tsentrosoom e. keskmekehake).

kult on vere punalibled kollakasrohelised, hulgana koos aga punased. Värvust põhjustav hemoglobiin paigustub väikesis tsütoplasmakublikuis (alveoolides).

Peale imetajate punaliblede on kõigi teiste selgroogsete punalibledel tuum, mistõttu nad on keskelt jämedamad kui servadest. Imetajate erütrotsüüdid omavad tuumi ainult noores eas. Tuuma puudumise tõttu on imetajate punalibled kaksiklohksed. Ühenduses tuuma puudumisega on imetajate erütrotsüütide iga lühike — ainult mõned nädalad. Iganenud erütrotsüüdid hävivad põrnas, vere koemahla- (hemolümfaatililsis) näärmeis, luusäsis, maksas. Uued erütrotsüüdid tekivad erilisist rakkudest, nn. erütroblastidest e. vere punaliblede moodustajaist luusäsis ja alamail selgroogseil ka põrnas.

Erütrotsüütide ülesandeks on sisemine hingamine, s. o. hapniku ülekanne hingamiselundeist (kopsudest, lõpustest) kudedele ja osalt ka süsihappegaasi toimetamine kudedest hingamiselundeisse.

Selgrootuil on kromotsüüdid võrdlemisi haruldased (näiteks mõnede karploomade (*Arca, Solen*) veres ja mõnede rõngusside, nagu konuvaglaliste jt. kehaõõnise vedelikus). Kui selgrootuil esineb punane veri, siis oleneb see tavaliselt vereplasmas lahustatud punasest pigmendist. Mõ-



Joon. 43. Selgroogsete vere punalibled e. erütrotsüüdid. a — inimese; b — kaameli; c — nastiku; d', d'' — angertriitoni (serva ja külje poolt); e — raikala; f — jõesilmu (kõik 350 korda suurendatult).

nedel on veri sinine, sisaldades erilist sinist värvist — hemotsüaniini e. veresinet.

Amöbotsüütidest kannavad ühed leukotsüütide, teised trombotsüütide nime.

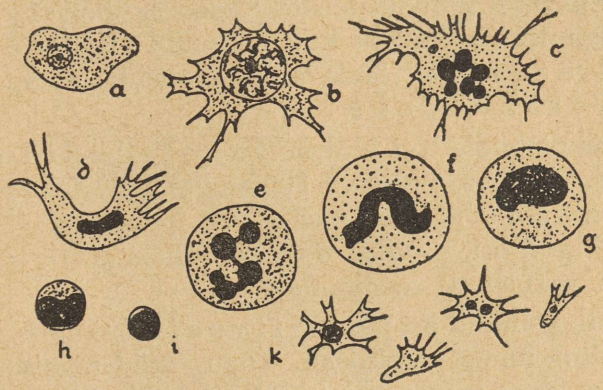
Leukotsüüdid e. vere valgelibled jagunevad tuuma suuruse ja kuju alusel kahte rühma — uninukleaarseiks e. ainutuumalisiks ja multinukleaarseiks e. mitme-(hulga-) tuumalisiks vormideks (joon. 44).

Uninukleaarsete valgeliblede rühma kuuluvad lümfotsüüdid e. mahlakehakesed (mahlalibled). Neil on võrdlemisi suur kerajas, hästi värvuv tuum, mida ümbritseb õhuke tsütoplasmakiht.

Multinukleaarseid leukotsüüte iseloomustavad nn. polümorfsed e. mitmekujulised tuumad. Need tuumad on kas lookjad või koosnevad mitmest sagarast või on eristunud mitmeks enamvähem iseseisvaks osaks.

Multinukleaarsed leukotsüüdid võib nende tsütoplasmavärvuvuse alusel liigitada neutro- ja atsidofiilseiks.

Neutrofiilsed e. neutraalvärvilembesed leukotsüüdid on ligi pool suuremad kui lümfotsüüdid. Nende tsütoplasmas esinevad sõmerad ei värvu ei hapude ega aluseliste värvidega, vaid ainult neutraalsetega.



Joon. 44. Vere valgelibled e. leukotsüüdid e. rändrakud (mitmesuguseil loomil). a — käsna rändrakk; b — jõevähja vererakk; c kuni i — inimese vere valgelibled; c, d — amööbjalt liikuvad leukotsüüdid; e — neutrofiilne e. neutraalvärvilembene, polümorfse e. mitmekujulise tuumaga leukotsüüt; f — atsidofiilne e. happelembene polümorfse tuumaga leukotsüüt; g — mononukleaarne e. ainutuumaline leukotsüüt; h, i — mahlakehakesed (mahlalibled); k — inimese trombotsüüdid e. hüüviserakud.

Atsido- e. oksüfiilsed e. happelembesed (e. eosinofiilsed e. eosiinilembesed) leukotsüüdid on inimesel niisama suured kui neutrofiilsed ja sisaldavad jämedaid tugeva läikega teri. Need terad värvuvad hästi hapude värvidega (eosiiniga, fuksiiniga).

Nii neutro- kui ka atsidofiilsed leukotsüüdid tekivad nähtavasti retikulaarses sidekoes arenevaist lümfotsüütidest e. mahlakehakesist (mahlalibledest).

Mõned uurijad nimetavad uninukleaarseid leukotsüüte,

s. o. lümfotsüüte ka lümfoleukotsüütideks e. koemahla valgelibledeks ja multinukleaarseid leukotsüüte, s. o. neutro- ja atsidofiilseid leukotsüüte hemoleukotsüütideks e. vere valgelibledeks sõna kitsamas mõttes (laiemas mõttes tähendab vere valgelible üldse leukotsüüti).

Leukotsüütide suurus on eri loomaliikidel erinev. Nii on näiteks vähja leukotsüüdid 4—5 korda suuremad kui inimese multinukleaarsed leukotsüüdid.

Leukotsüüdid võivad vere- ning lümfisoontest välja tungida ja ringi rännata teistes kudedes. Sellist leukotsüütide tungimist läbi kudede kutsutakse diapedeesiks e. läbipääsuks ja rändavaid leukotsüüte endid rände. siirdrakkudeks.

Leukotsüüdid on ühtlasi fagotsüüdid e. õgirakud. Nad vangistavad (kulendite abil) looma kehasse sattunud võõrkehi, näit. pisilasi, või koerakkude lagunemisest tekkinud osi, muutes neid kahjutuks (vt. intratsellulaarne e. rakusisene seedimine).

Leukotsüüdid on positiivselt kemotaktilised mitmesuguste pisilaste (näit. mädanemisbakterite) suhtes ja seega looma keha kaitsvaks sõjaväeks ning sanitarideks. Haavades või teisiti häiritud kehaosades tekkiv mäda koosneb peamiselt võitluses pisilastega hukkunud leukotsüütide laipadest.

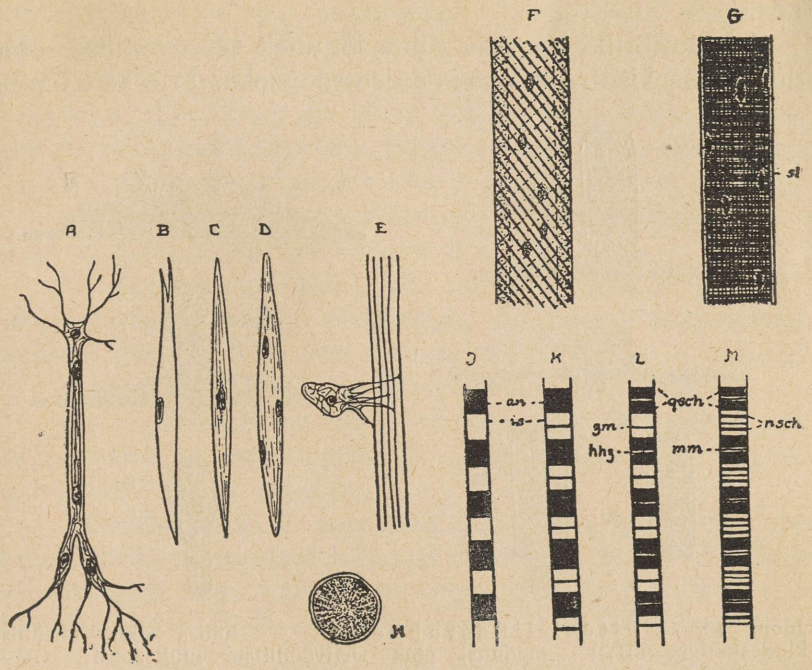
Trombotsüüdid e. hüüviserakud on leukotsüütidest vähemad amööbjad rakud munaja tuuma ja peensõmeralise tsütoplasmaga.

Trombotsüütide laostumisel tekib eriline ferment e. käärollus (juuretis) — trombokinaas, mille mõjul vereplasmas lahustunud valkaine — fibrinogeen muutub lahustamatuks kiudjaks aineks — fibriiniks e. verekiudnikuks.

Fibriin ühes sellesse vangistunud vereliblededega moodustab verekämba. Verekämbast vabanenud vereleeme osa esineb kollaka läbipaistva vedelikuna ja kannab vereseerumi e. verevadaku (vere õisvee) nime.

Et trombotsüütide laostumine toimub tavaliselt veresoone vigastusel vere välja valgudes haavast, etendavad nad verehüüvet tekitades tähtsat osa verevaigistusel.

Lihaskude. Lihaskoerakkudes on protoplasma liikumisvõime arenenud kõrgeima astmeni. Lihasrakud on



Joon. 45. Silelihasrakud (A — E) ja vöötlihasrakud (F — M). A — haruliste otstega silelihasrakk (kammlooma); B — ühetuumaline harulise otsaga silelihasrakk (lameussi); C — kiukestega silelihasrakk; D — kiukestega hulgatuumaline silelihasrakk; E — lihasrakk, mil rakk on eraldi kiukesist (imiussil); F — spiraalselt kulgevate kiukestega lihasrakk (peajalgsel limusel); G — vöötlihasrakk, sl — sarkolemm e. lihasraku kest; I kuni M — lihasrakud mitmel viisil arenenud vöötsusega. an — anisotroopne, kaksikmurdev, tugevasti värvuv ollus; is — isotroopne ollus; gsch — ristikettad e. anisotroopsed väljakud; hhz — hele Henseni vaheketas; zm — Krause ristjoon; nsch — Engelmanni lisakettad; mm — keskkile (I kuni M tugevasti suurendatult).

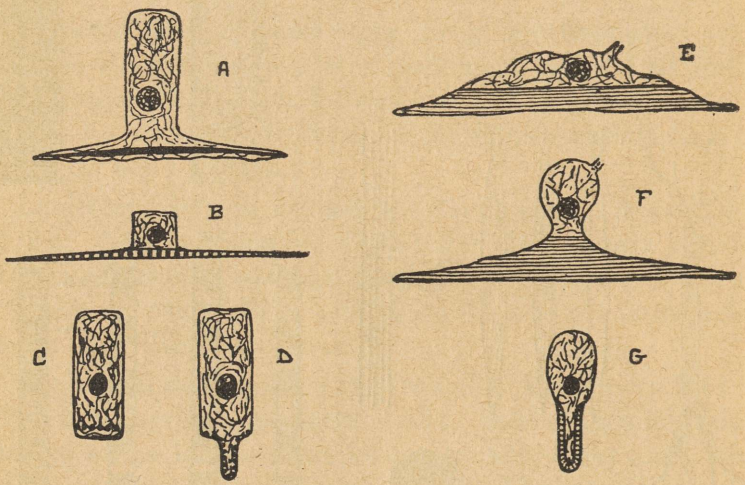
kujunenud lootekeha eristumata rakkudest spetsialistideks liikumise alal.

Lihasrakkude tsütoplasmast on suurem osa eristunud müofibrillideks e. lihaskiukesiks. Müo-

fibrillid jooksevad rööbiti lihasraku pikitelje suunas ühest rakuotsast teise. Vahesid fibrillide vahel täidab eristumata tsütoplasma — sarkoplasma e. lihasplasma.

Müofibrillide vahel olevas sarkoplasmas leiame osalt lipoide (rasvandeid), osalt glükogeeni sisaldavaid teri.

Müofibrille koostav ollus jaguneb oma optiliste omaduste alusel isotroopseks ja anisotroopseks. Isotroopne



Joon. 46. Epiteel-lihasrakud. A — hüdra oma üheainsa kiukeskihiga; B — meduusi oma ristivöödiliste kiukestega; C — ristilõik A-st; D — ristilõik epiteellihasrakust, mil kiukeste kiht on kurruline (õisloom); E, F — solkme (ümmaruss) epiteellihasrakk; G — ristilõik rakust F, kust selgub, et kiukesed on koondunud kurdjaks liistakuks.

e. samaselt murdev ollus murrab valguskiirt igas suunas samal viisil. Anisotroopne e. erimurdev ollus murrab valgust kahes eri suunas eri viisil — ta on kaksikmurdev.

Ühtedes lihasrakkudes on müofibrillid terves ulatuses anisotroopsed, s. o. kaksikmurdvad. Need on silelihasrakud. Teistes lihasrakkudes koosnevad fibrillid korrapäraselt vahelduvaist isotroopseist ja anisotroopseist lõikeist.

Et kõigi antud rakus sisalduvate müofibrillide heledaina paistvad isotroopsed ja tumedaina paistvad anisotroopsed

lõiked asetsevad kohakuti, paistab lihasrakk ristipidiselt oma pikiteljele vöödilisena. Selliseid lihasrakke nimetatakse v ö ö t l i h a s r a k k u d e k s (joon. 45, G, I—M).

Vöötlihasrakke peenemate meetoditega eritelles leiame tumedas anisotroopses lõikes heledama vöödi, nn. H e n s e n i v a h e k e t t a, mis jagab anisotroopse olluse kaheks ühesuuruseks pooleks (joon. 46, hhz).

Samuti jaguneb iga hele isotroopne lõige tumeda K r a u s e r i s t j o o n e varal kaheks ühesuguseks osaks. Krause ristjoone kummalgi küljel võivad veel esineda nn. E n g e l m a n n'i l i s a k e t t a d (joon. 45, zm, nsch).

Mõjustades vöötlihasrakku nõrga kroomhappega võib üksikud müofibrillid rakust lahti eraldada.

Kui mõjustame müofibrille nõrga alkoholiga või soolhappega, maomahlaga või veega, laostuvad nad Krause ristjooni mööda nn. m ü o k o m m i d e k s e. l i h a s - e l e m e n t i d e k s (Baumann'i *sarcous elements*).

Iga lihaselement koosneks seega keskmisist pikemaist, tumedamaist anisotroopseist ja otsmisist lühemaist heledamaist isotroopseist osiseist.

Vöötlihasrakkude uurimisel saadud optilised ja röntgenograafilised andmed lubavad otsustada, et müofibrillide anisotroopne ollus koosneb u l t r a m i k r o o n i d e s t e. m ü o m i t s e l l i d e s t. Müomitsellid on kristalsed kepjad või kiudjad arendid. Nad asetsevad üksteise suhtes rööbikuti ja koosnevad erilisest valkainest — m ü o s i i n i s t.

Vöötlihasrakkude kokkutõmbe, kontraktsiooni korral muutuvad nende heledad isotroopsed lõiked lühemaks või kaovad peaaegu sootuks, kuna aga tumedad isotroopsed rakuosad laienevad. Paistab, nagu tungiks isotroopne aine anisotroopsesse.

Selle tagajärjeks on vöötlihasraku lühenemine.

Silelihasrakkude tõmblused ja lõtvumised on aeglased, vöötlihasrakkude omad aga kiired. Vastavalt sellele leiame kiiresti töötavad lihased koosnevat vöötlihasrakkudest, aeglaselt töötavad aga silelihasrakkudest. Nii näiteks on inimese toeselihastik (tailiha) vöödiline, sooltorulihastik sile.

Vöötlihasrakkude töö (peale väheste erandite, näit. südamelihase oma) allub tahtele, silelihasrakkude oma aga mitte.

Lülijalgseil on kõik lihased vöödilised. Ka peajalgseil (*Cephalopoda*), kes võivad sooritada kiireid liigutusi, on kerelihased vöödilised. Teisil selgrootuil on ainult üksikute elundite (näit. meduuside kummiku, rõngusside neelu, limuste südame jne.) lihased vöödilised.

Kujult ja ehituselt jagunevad lihaskoerakud epiteelseiks, epiteeljaiks ja mesenhüümseiks lihasrakkudeks.

Epiteel-(katekoe-)lihasrakk esineb ekto-, ento- või mesodermse epiteelrakuna, mille põhimikosa on arenenud müofibrille sisaldavaks kiuks. Paljude selliste kiudude kogumik moodustab lihaslamelli e. lihasleste. Lihaslamell võib olla kurruline ja omada seega piiratud ruumalal rohkem lihaskiukesi (müofibrille) ja sellele vastavalt sooritada tõhusamat lihasetööd. Epiteellihasrakke leiame nõgesloomil ja ümarussidel (joon. 46).

Kui kujutella, et kurruline lihaslamell eraldub temaga ühenduses olevast epiteelist, siis saame epiteeljа e. epiteloidse lihase. Kui epiteelja (epiteloidse) lihase kurrud on korrapärased, siis nimetatakse neid lihaslehtedeks (näit. harjaslõugseil).

Kui vahemaa epiteeli ja lihaslamelli vahel muutub suuremaks, siis on meil tegemist juba täiesti iseseisvate lihasväätidega (näit. vihmussil).

Selgroogsete kerelihased (tailiha) on fülogeneetiliselt ja ontogeneetiliselt tuletatavad epiteeljaist lihaslamellidest.

Selgroogsete ja lülijalgsete kerelihased koosnevad pikkadest (inimesel kuni 12 cm) peentest (inimesel 30—70 μ) silinderjaist vöötlihasrakkudest — lihaskiududest. Need lihaskiud on hulgatuumalised. Sarkoplasmast ümbritsetud tuumad asetsevad kas lihaskiu välisosas (selgroogseil) või telgosas (lülijalgseil).

Müofibrillidest on lihaskiud väga rikkad. Müofibrillid lihaskius on koondatud kimpudeks. Lihaskiu ristilõigus esi-

nevad need fibrillide kimbud nn. Cohnheim'i väljadena.

Lihaskiude ümbritseb ühtlik läbipaistev kile — sarkolemm e. lihaskiutupp.

Mesenhüümsed lihasrakud tekivad loote mesenhüümirakkudest. Kujult on nad kas käävjad või harulised. Müofibrillid (lihaskiukesed) asetsevad kas kogu rakukeha piirdeosas või on koondatud raku ühele küljele. Rakkudel, mille kehas müofibrillid moodustavad pideva mantli, asetseb sarkoplasmast ümbritsetud tuum rakukeha keskosas. On müofibrillid paigustatud raku ühele küljele, siis asetseb suurem osa sarkoplasmast tuumaga raku teisel küljel.

Müofibrillid kõigis neis kolmes (epiteelses, epiteeljas ja mesenhüümses) lihasrakutüübis võivad olla kas isotroopsed või koosneda iso- ja anisotroopseist osadest. Mesenhüümseist lihasrakkudest aga on enamik siledad, s. o. nad sisaldavad optiliselt ühtlikke müofibrille. Silelihasrakkudest võivad koosneda niihästi kerelihased (näit. lameussidel, limuseil) kui ka sisikonna- ja veresoonte-lihased (näit. selgroogseil).

Hulkrakseist loomist (*Metazoa*) puudub lihaskude ainult käsnadel.

Närvi- e. ergukude. Närvikoerakkudes on arenenud üks tähtsamaid protoplasma omadusi — ärrituvus e. irritaablus kõige kõrgema astmeni.

Närvirakud e. neuronid võtavad vastu looma keha tabavaid välis- ja siseärritusi, muudavad need erutusiks, juhivad viimased närvikeskmeisse (näit. pea- ja seljaajju) ja närvikeskmeist välja muisse elundeisse (näit. lihaseisse, näärmeisse).

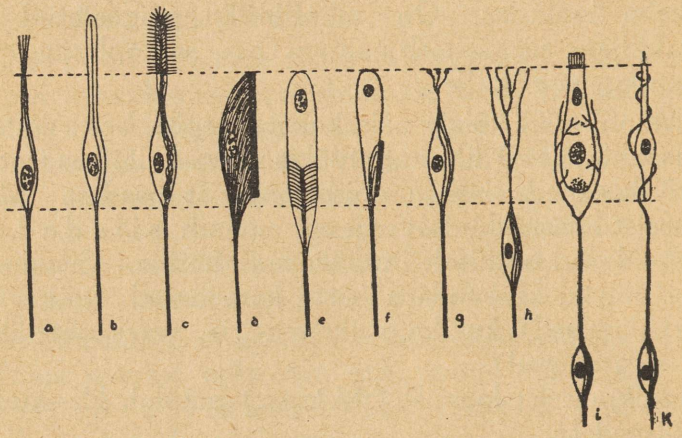
Närvikoe abil korrastatakse ja kooskõlastatakse kõigi muude kudede tööd looma kehas.

Närvikoe arengute kõrgemad astmed (näit. inimese suuraju) on teadvuse ja vaimsete talitluste (tunde, tunnetuse, tahte) sooritumise olulisemaid eeldusi.

Tehakse vahet närvikoe kahe põhivormi vahel. Üks

neist koosneb meelerakkudest, teine närvi- e. ganglionirakkudest.

Meelerakkude ülesandeks on ärrituste vastuvõtmine, nende muutmine erutusiks ja sageli ka erutuste juhtimine närvirakkudesse (joon. 47). Närvirakud asetsevad meelerakkudega võrreldes looma keha seespoolsemais osades. Nende ülesandeks on erutuse edasijuhtimine, mitmesugused närvised e. ergulised talitlused (refleksid, defleksid, instinktid, automatismid) ja tingimuste soetamine teadvuse ja vaimuelu protsessideks.



Joon. 47. Meelerakud (skeemid). Mõlemad täppjooned tähistavad epiteeli üla- ja alapiiri. a kuni g — primaarsed e. esmased meelerakud; h — epiteeli all asetseva närviraku vaba närvilõpp; i, k — sekundaarsed e. teisesed meelerakud, mis on ümbritsetud epiteeli all oleva närviraku dendriitidest e. põõsasharudest; a — lõpustigu nägemisrakk; b — kammkarbi (*Pecten*) nägemisrakk; c — nälkja nägemisrakk; d — rabdoomiga e. nägemisvarbaga (paremal poolel) varustatud nägemisrakk lülijalgse liitsilmast; e — Noa laeva (*Arca noae* — karbiline limus) nägemisrakk sisemise varbareaga; f — võrktiivalise putuka *Osmylus chrysops*'i nägemisrakk külgmise nägemisvarbaga alaosas; g — meelerakk rõngussi *Glycera* kärsast; h — teine meelerakk samast loomast; i — imetaja kuulmisrakk; k — maitsmisrakk imetaja maitsmispungast.

Ehituselt jagunevad meelerakud primaarseiks, sekundaarseiks ja meelenärvi-(meele-ganglioni-)rakkudeks.

Primaarse e. esmase meeleraku keha (ühes tuumaga) asetseb epiteelis, kuna ta põhimikosa siirdub sügavamale, muutudes lühemaks või pikemaks

närvikiuks. Primaarse meeleraku välisots on tavaliselt varustatud ärritust vastuvõtva (retseptoorse) ja seda erutuseks muutva (transformatoorse) kepikese või karvakesega (resp. karvakestega). Primaarsed meelerakud iseloomustavad selgrootuid. Selgroogseil on nad haruldasemad. Siin koosnevad neist näiteks haistmisepiteelirakud ja silma võrkkesta kepikes- ja kolvikesrakud.

Sekundaarsete e. teiseste meelerakkude asukohaks on samuti epiteel. Ka nende vaba pind on varustatud kepikese või karvakesega (resp. karvakestega). Erutuse edasijuhtimiseks sekundaarsest meelerakust närvikeskmeisse on vastavad närvirakud. Sekundaarseid meelerakke leiame ainult selgroogseil (näiteks kuulmis- ja maitsmismeelerakud).

Meelenärvi-(meeleganglioni-)rakud on varustatud kahe haruga. Üks neist suundub epiteelrakkude vahele ja hargneb siin vähemaiks harukesiks. See haru on retsipient — ärrituse vastuvõtja ja juhtija raku peaossa. Teine haru — emitent e. väljasaatja juhib erutuse rakust välja ja annab selle üle närvirakkudele. Meelenärvirakud esinevad niihästi selgrootuil kui ka selgroogseil. Selgroogseil kuuluvad siia valuärrituste vastuvõtjad. Viimaste retsipient asetseb nn. vaba närvilõpuna pealisnahas, raku keskosa tuumaga asetseb selgrootängus (*ganglion spinale*), kuna emitent kulgeb seljaajju, kust närvirakud valuerutuse toimetavad peaajju.

Primaarsed meelerakud on fülogeneetiliselt kõige ürgsemad. Neist on arenenud meelenärvirakud sel teel, et raku peaosa nihkus epiteeli alla, jättes epiteelisse ainult ärritust vastuvõtva haru.

Selgrootuil leiame primaarsete meelerakkude ja meelenärvirakkude vahel pideva rea mitmesuguseid vahevorme.

Kuna primaarsed ja sekundaarsed meelerakud on väga lähedased epiteelkoerakkudele, kirjeldatakse neid tavaliselt ühes epiteelkoega.

Meelenärvirakud aga on olulisis joonis närvirakkude

laadi ja see, mis maksab viimaste ehituse ja talitluse kohta, maksab ka meelenärvirakkude kohta.

Närvirakud. Nagu lihasrakke müofibrillid (lihaskiukesed), nii iseloomustavad närvirakke neurofibrillid e. närvikiukesed. Neurofibrillide vahel leiame eristumata tsütoplasmat, nn. inter- e. perifibrillaarset e. kiukestevahelist ollust, mis kannab ka neuroplasma e. närviplasma nime.

Raku keskosas asetseb neuroplasmast ümbritsetud võrdlemisi suur põisjas tuum.

Peale tuuma ja neurofibrillide leiame närviraku kehas veel Golgi võrkaparaadi, kondriosoome e. rakupihusid ja erilisi aluselisist värvest värvuvaid arendeid — tigroidkehi e. Nissl'i kampasid ja rakusiseseid kanaleid.

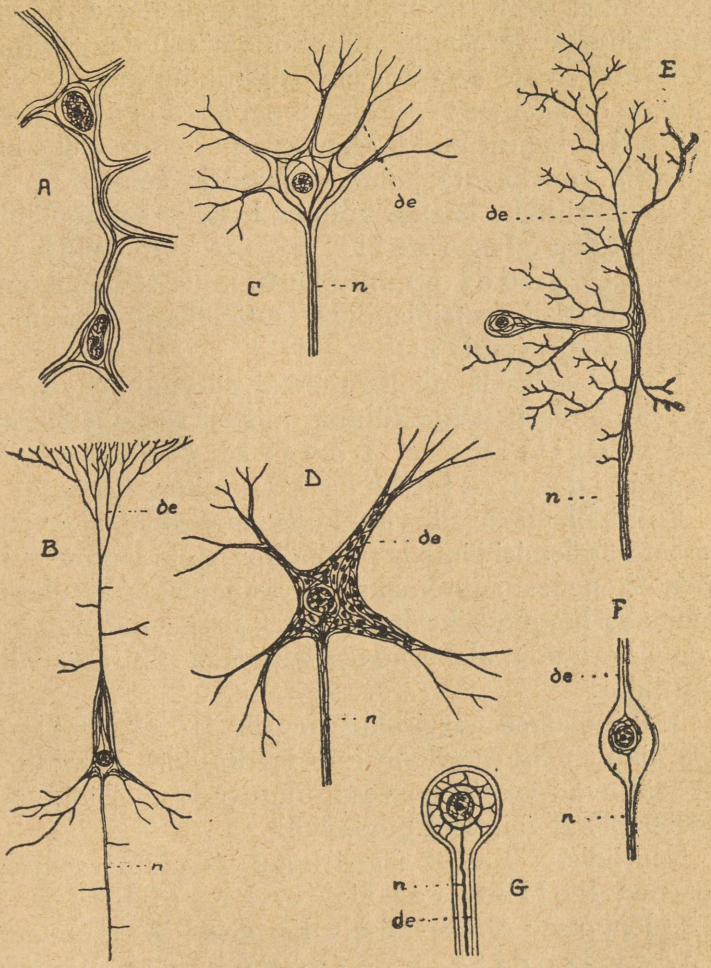
Tigroidkehad esinevad mitmekujuliste, suuremaist või vähemaist teradest (ka niidikesist) koosnevate moodustistena, mille vahel kulgevad heledamad neuroplasmaviirud (joon. 48). Tigroidkehade terad on värvilembesest e. kromofiilsest ainest. Tigroidkehade kuju on muutlik, olles sõltuv raku toitumisoludest ja tervislikust seisundist. Tööga liialt väsitatud rakus kahaneb Nissl'i kehade arv. Sama toimub ka siis, kui raku kiudharu (vt. allpool) läbi lõigatakse.

Intratsellulaarsed e. rakusisesed kanalid esinevad lühemate või pikemate neuroplasmat läbivate õõneskäikude süsteemina. Holmgreni arvates läbib närviraku keha võrkmik umbseid jätkeid, mis naaberrakkude poolt on sinna saadetud. Ta nimetas seda võrkmikku trofospongiumiks e. toitumiskäsnaks, oletades, et see on tegev raku toitumistöös.

Intratsellulaarsed kanalid tekkivat trofospongiumi osade lahustumisest.

Valminud närvirakud on tavaliselt varustatud lühemate või pikemate harudega. Harude hulga alusel tehakse vahet uni-, bi- ja multipolaarsete närvi- e. ganglionirakkude vahel (joon. 48).

Unipolaarsed e. ühenabalised närvirakud on varustatud ühe nn. tüvijätkega, mis varsti langeb kaheks haruks. Üks neist harudest on ret-



Joon. 48. Närvirakud (skeemid). Kõikjal märgib n neuriiti e. kiudharu ja de dendriiti e. põõsasharu. A — närvirakud; B, C, D, E — multipolaarsed e. mitmenabalised närvirakud; F — bipolaarne e. kahenabaline närvirakk; G — unipolaarne e. ühenabaline närvirakk; A — kaks rakku konna suulae epiteelialusest närvivõrgust; B — püramiidrakk inimese suurajust; C —vihmussi närvirakk; D — närvirakk imetaja seljaajust — Nissli kampadega (e. kehakestega) e. tigroid-kehakestega; E — motoorne e. liigutav närvirakk rannakrabi peaajust; F — kaani bipolaarne e. kahenabaline närvirakk; G — kaani ühenabaline e. unipolaarne närvirakk.

sipient e. vastuvõtja, teine emitent e. väljasaatja. Mõlemad harud sisaldavad oma neurofibrille, mis ka tüvijätkes kulgevad lahus ja ainult rakukeha keskosas on üksteisega ühenduses. Unipolaarseid närvirakke leiame näiteks verekaani närvkonnatänkudes (ganglionides) ja kõrgemate selgroogsete selgrootänkudes.

Bipolaarsete e. kahenabaliste närvirakkude kahest eraldi algavast harust on üks erutuse vastuvõtja (retsipient), teine väljasaatja (emitent). Bipolaarseid närvirakke leiame näiteks kalade selgrootänkudes.

Multipolaarseil e. mitmenabalisil närvirakkudel on mitu haru, millest enamik on erutuse vastuvõtjad (retsipiendid) ja tavaliselt üksainus erutuse väljasaatja (emitent).

Nagu talitluselt, nii jagunevad närvirakkude harud ka kujult ja ehituselt kahte rühma, millest retsipiendid kannavad dendriitide e. põõsasharude, emitendid neuriitide e. kiudharude nime (joon. 49).

Multipolaarsete närvirakkude dendriidid algavad raku peaosast võrdlemisi jämeda põhimikosaga ja jagunevad aegamööda õhenedes suuremaks või vähemaks arvuks järjest peenemaks hargnevaiks harudeks. Seega meenutab dendriit oma harude ja alaharudega lehtedeta puuvõra või puujuurestikku.

Multipolaarse närviraku neuriit (tavaliselt üksainus) on harilikult märksa pikem kui dendriidid. Inimeste seljaajust väljuvad ja varvastesse ulatuvad neuriidid on ligi 1 meeter pikad või pisut pikemadki.

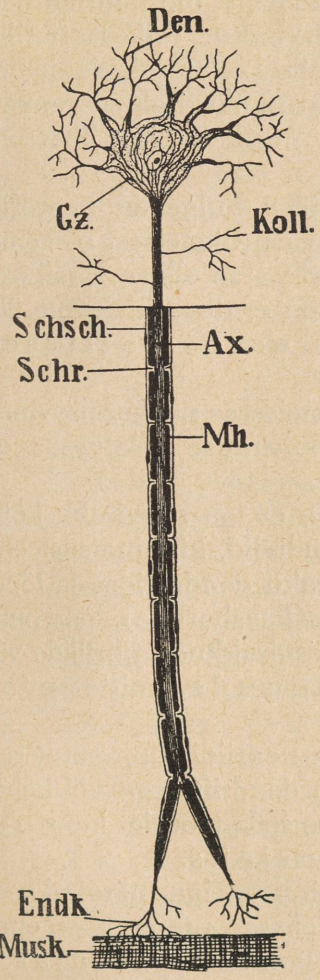
Neuriidist väljuvad sageli kogu ta ulatuses täisnurga all peened kollateraalid e. kaasharud. Kaasharude lõppotsad on tavaliselt harulised ja kannavad siis telodendronite e. otspuukeste nime. Kollateraalide ja nende telodendronite kaudu antakse osa neuriidis kulgevast erutusest üle naaberrakkudele. Neuriit võib oma lõpposas üks või mitu korda kahenduvalt hargneda, harude lõppedes telodendronitega.

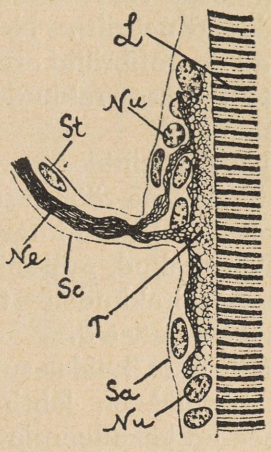
Neuriidi algusosa rakukehal kannab ürjekuhiku nime. Neuriidi ürjekuhik on tavaliselt kitsam ja saledam

kui dendriidi põhimikosa ning aheneb neuriidiks järsemini kui viimane dendriidiks.

Mõnikord algab neuriit dendriidi põhimikosast.

Harukorril on multipolaarsel närvirakul neuriite rohkem kui üks. On ka selliseid multipolaarseid närvirakke,





Joon. 49 A. Närviraku neuriidi e. kiudharu siirdumine lõppliistakuks. L — vöötlihasrakk (osa); Ne — närviraku kiudharu (neuriidi) telgsilindri neurofibrillid (närvikiukesed); Nu — lõppliistaku tuum; Sa — sarkolemm e. lihasrakukest; Sc — Schwann'i tupp e. neurilemm; St — Schwann'i tupe tuum; T — lõppliistakus asetsev telodendroni neurofibrillidest võrkmik.

Joon. 49. Selgroogse multipolaarse e. mitmenabalise närviraku skeem. Den. — dendriidid e. põõsasharud; Koll — neuriidi e. kiudharu kaasharud e. kollateraalid; Ax — neuriidi e. kiudharu akson e. telgsilinder; Schsch — Schwann'i tupp e. neurilemm; Mn — müeliin- e. säsitupp; Schr — Ranvier' soonistis; Endk — telodendron e. otspuuke; Musk — vöötlihasrakk e. vöötlihaskiud; Gz — rakukeha.

mil puudub morfoloogiline vahe dendriitide ja neuriitide vahel.

Oletatakse, et erutuslaine e. neuroküüm kulgeb närvirakus neurofibrillide kaudu. Dendriitide neurofibrillid juhivad neuroküümi rakukeha peaossa. Siin lähevad dendriitide neurofibrillid pidevalt üle neuriidi neurofibrillideks või moodustavad võrkmiku, millest fibrillid suunduvad neuriiti. Neuriidi ja selle kollateraalide kaudu juhivad neurofibrillid erutuslaine antud närvirakust (e. neuronist) teistesse rakkudesse, olgu need närvi-, lihas- või näärmerakud.

Nii dendriitides kui ka neuriitides kulgevad neurofibrillid üksteisega rööbiti ja on nähtavasti üksteisest olenematud, olles eraldatud inter-(peri-)fibrillaarse olluse varal.

Närvirakud, mille ülesandeks on erutuse ülekanne ühtedelt närvirakkudelt teistele, on assotsiatiivsed e. sidestavad.

Küsimus, kuidas suhtuvad üksteisesse naaber-närvirakkude fibrillid, on lahtine. Selle küsimuse seletuseks on üles seatud kaks teooriat.

Neuroniteooria oletab, et iga närvirakk kõigi oma harudega on omaette tervik, indiviid, kinnine süsteem. Neurofibrillid algavad antud närviraku dendriitides ja lõpevad neuriidi ja selle kollateraalide (kaasharude) lõpp-puukesis (telodendronites). Naaber-närvirakkude fibrillide vahel valitseb kontakt, kokkupuude, mitte aga pidev ühendus.

Sel alusel, et ühe närviraku neuriidi lõpp-puukesed oma neurofibrillidega on teise raku dendriitidega või kehadega ainult kokkupuutes, kutsutakse seda teooriat ka kontakti- e. kokkupuuteteooriaks.

Neuroni- e. kontaktiteooria järgi on iga närvirakk e. neuron arenenud ühestainsast lootelisest rakust — neuroblastist e. närviühiku-moodustajast.

Teine teooria kehalisist suhteist naaber-närvirakkude vahel kannab neuroblastide- ehk kontinuiteedi- e. pidevusteooria nime. Selle teooria kohaselt siirduvad neurofibrillid pidevalt, katkestamatult

ühe närviraku neuriitidest ja selle kollateraalidest teiste närvirakkude dendriitidesse või kehadesse. Neuroblastideteooriaks nimetatakse seda teooriat sellepärast, et pikemate neuriitide tekkimisest võtab osa mitu neuroblasti.

Selgroogseil on paljude närvi- ja meelenärvirakkude pikad harud (nii neuriidid kui ka pikad dendriidid) kaetud tuppedega. Tuppede ülesandeks on vastavate närvirakuharude kaitse ja neis kulgevate erutuslainete (neuroküümide) omavaheline isolatsioon.

Ehituse ja asendi alusel tehakse vahet sisemise — müeliin- e. säsitupe ja välise — Schwann'i tupe e. neurilemmi vahel.

Müeliintupp on lumivalgest poolvedelast lipoid-(rasvand-)ainest — müeliinist, mis koosneb glütserofosfatiidide ja kolesteriini segust. Müeliintuppe läbib seda toetades neurokeratiinist e. närvisarvainest võrkmik. Et glütserofosfatiididel on kristalsete vedelikkude omadused, siis on müeliintupp valguskiirte suhtes kaksikmurdev.

Teatavate vahemaade järel leiame müeliintupes müeliinivabu lünki, nn. Ranvier' soonistisi. Viimaste kaudu toimub neuriidi (või pika dendriidi) toitumine. Kui müeliintuppe ümbritseb Schwann'i tupp e. neurilemm (vt. allpool), siis tungib viimane soonistisse ja on kokkupuutes neuriidi telgsilindriga.

Mõjustades neuriite (resp. pikki dendriite) lämmastikuhapuhõbedaga ($AgNO_3$) tekib neil Ranvier' soonististe kohal rida tumedaid vööte — Frommann'i jooni.

Müeliintupe osad iga kahe Ranvier' soonistise vahel on eristunud reaks silindrokoonilisiks segmentideks. Neid segmente põhjustab rida müeliintuppe läbivaid lehterjaid pilusid, nn. Schmidt-Lantermann'i sälke.

Müeliin- e. säsitupe esinemise või puudumise alusel jagunevad närvikiud säsitupega ja säsituiks närvikiududeks.

Schwann'i tupp e. neurilemm e. närvikiutupp on läbipaistev koetiseta (struktuurita) elasti-

line kile, mille sisepinnal asetsevad üksikud peeneteralisest tsütoplasmast ümbritsetud tuumad. Need tuumad tsütoplasmaga kuuluvad neuroglia- e. närviturvarakkudele, mis kannavad Schwann'i rakkude nime.

Varustuse suhtes tuppedega võib liigitada närvikiud 4 rühmaks:

1) säsitud ja Schwann'i tupeta kiud (näit. selgroogsete haistmisnärvis);

2) säsitud, aga Schwann'i tupega närvikiud. Neid kutsutakse ka hallideks, želatinoosseiks (tarteljaiks) e. Remak'i kiududeks (näit. selgroogsete vegetatiivses e. vistseraalses e. sisuslikus närvisüsteemis (vt. närvisüsteem);

3) säsitupega Schwann'i tupeta närvikiud (näit. selgroogsete pea- ja seljaaju valgeolluses, nägemisnärvis);

4) säsitupeta Schwann'i tupega närvikiud (näit. selgroogsete animaalsetes e. somaatilistes närvides).

Närvikude tekib lootel ektodermist. Loote ektodermirakud, mis annavad alguse meele- ja närvirakkudele, kannavad neuroblastide e. närviühikumoodustajate nime. Neuroblastid on alguses apolaarsed e. harutud.

Neuroblastist võrsuvad välja jätked, millest üks areneb neuriidiks, kuna teised kujunevad dendriitideks. Neuriidisugeme kaugem ots moodustab puhetise — kasvamisnuia, mille tsütoplasma võib sooritada kulendjaid liigutusi.

Ühes neuriidi ja dendriitide tekkimisega arenevad neis ka neurofibrillide sugemed.

Vöötlihasrakuga on närviraku neuriidi otspuuke (telodendron) ühenduses nn. lõppliistaku varal (joon. 49 A). Lõppliistak esineb vöötlihasraku pindosas asetseva, mitut tuuma sisaldava protoplasmaarendina, milles telodendroni neurofibrillid moodustavad võrkmiku. Enne neuriidi sisenemist lõppliistakusse kaob ta müeliintupp, kuna Schwanni tupp siirdub pidevalt vöötlihasrakku katvaks sarkolemmiks.

IV. PROMORFOLOOGIA EHK PÕHIKUJUÕPETUS.

Võrreldes kujulaadilt ja siseehituselt mitmesuguseid loomi leiame, et need võib rühmitada järgmiseks 6 põhivormiks: anaksoonne, homaksoonne, monaksoonne, radiaalne, biradiaalne ja bilateraalne põhivorm.

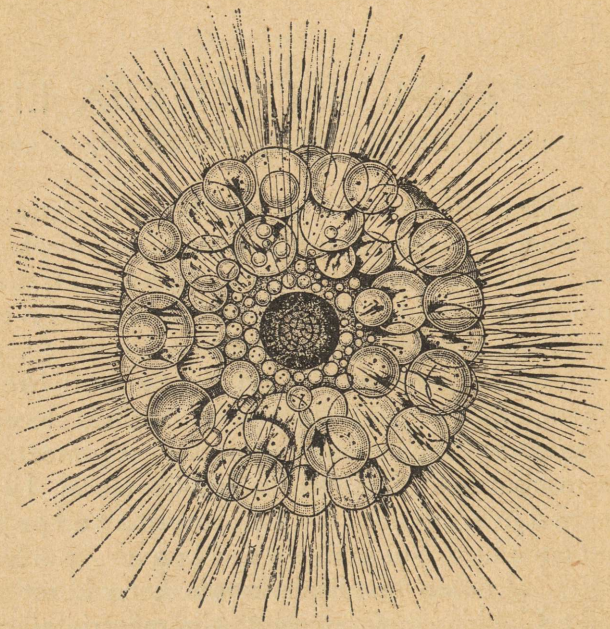
1. Anaksoonne e. teljeta (ka: irregulaarne e. ebakorrapärane) põhivorm. Sellisel loomal pole kindlat, püsivat kuju. Tal puuduvad sümmeetria kese, teljed ja tasapinnad. Näiteks on amööb (joon. 13).

2. Homaksoonne e. samateljeline e. igakülgselt sümmeetriline põhivorm (joon. 50). Looma tavaliselt keraja keha keset (tsentrumit) võivad läbida loendamatud sümmeetriateljed. Kõik need teljed on homopoolsed e. samanabalised, s. o. nende mõlema otsa piirkonnas on looma kehaehitus samane. Kõik teljed on omavahel võrdsed. Looma keset võib läbida piiritu arv sümmeetriatasapindu, millest igaüks poolitab looma kaheks sümmeetriliseks, s. o. peegelpildiliselt samasuguseks pooleks, nn. antimeeriks e. vastassarnikuks.

Homaksoonseid loomi kohtame vabalt heljuvate algloomade seas, nagu on mõned päikeselised (näit. päikeloom) ja mõned kiirelised (näit. meripõieke, joon. 50).

Homaksoonset põhivormi kutsutakse ka holosümmeetriliseks e. igakülgselt sümmeetriliseks.

3. Monaksoonne e. üheteljeline põhivorm (joon. 51). Keraja või munaja looma keset läbib üksainus peatelg. See peatelg on heteropoolne e. erinabaline, s. o. telje ühes otsas on looma ehitus teissugune kui teises. Seega on monaksoonsel loomal kaks poolust (naba), millest üks on apikaalne e. tipmine ja teine antiapikaalne e. tipuvastane.



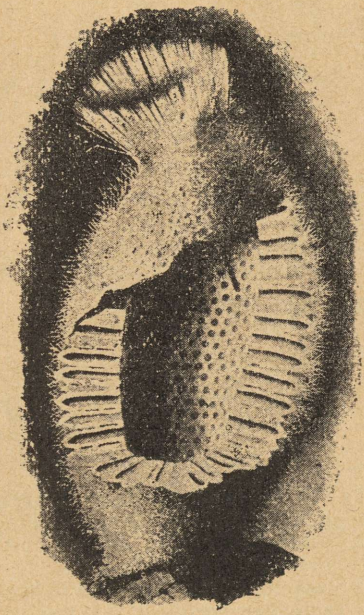
Joon. 50. Homaksoonse e. samateljelise e. igakülgselt sümmeetrilise põhivormiga algloom meripõieke (*Thalassophysa pelagica*). Alglooma keskosas on võrkja tuumaga tsentraalkapsel e. keskmekihn; kihnuväline (ekstrakapsulaarne) tsütoplasma sisaldab palju kublikuid (vakuoole).

Peatelge läbib ristipidi lõputu hulk kõrvaltelgi. Need kõrvalteljed on kõik homopoolsed e. samanabalised. Kõrvaltelgi ja peatelge läbivad tasapinnad jaotavad looma piiramatu hulgaks sümmeetrilisiks poolteks e. antimeerideks.

Monaksoonsed loomad elutsevad vees ja enamik neist on antiapikaalse (tipuvastase) otsaga aluspõhja külge kinnistatud.

Siia kuuluvad näiteks varre varal aluspinna külge kinnistunud päikeseline *Clathrulina elegans,* käsnad avatorulane, kiirtorulane (joon. 51), protohüdra jne.

4. Radiaalne e. kiirjas põhivorm (joon. 52). Looma keset läbib üks heteropoolne (erinabaline) peatelg ja piiratud arv sellele ristipidiseid



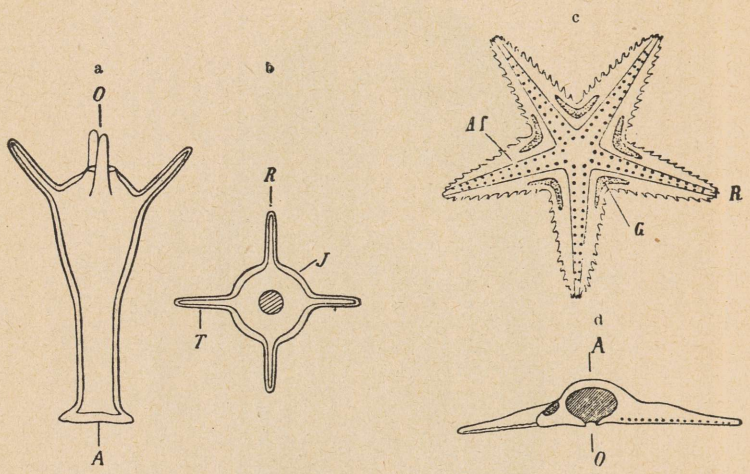
Joon. 51. Monaksoonse e. üheteljelise põhivormiga loom, käsn kiirtorulane (*Sycon raphanus*). Osa kehaseinast on kõrvaldatud, et näidata kaelus-viburrakkudega vooderdatud kiirtorusid, mis läbivad kehaseina ja suubuvad keskõõnde. Heiteava (ülal) ümbritseb lubinõeltest pärg.

kõrvaltelgi. Need kõrvalteljed väljuvad keskmest korrapäraselt asetsevate kiirtena. Ühise keskme ümber iga kiire suunas leiame samasuguseid elundeid. Need ühesuguseid elundeid läbivad kõrvalteljed on peakiired e. raadiused. Kõrvalteljed, mis kulgevad raadiuste vahelt läbi ja jagavad nende vahemaad ühesuguseiks poolteks, on interraadiused e. vahekiired.

Interraadiusi ja peatelge läbivad tasapinnad jagavad

looma nii mitmeks ühesuuruseks osaks, nn. parameeriks e. kõrvusarnikuks, kuipalju on loomal raadiusi.

Radiaalsümmeetriliste loomade hulka kuuluvad hüdra ühes enamiku teiste hüdropolüüpidega ja hüdromeduusidega, sküfomeduusid e. karikloomad ja suurem osa okasnahkseist.



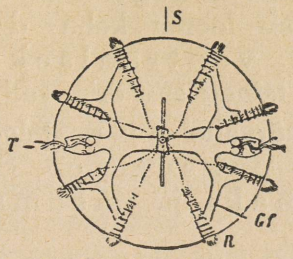
Joon. 52. Radiaalse e. kiirja põhivormiga loomad (skeemid). a, b — hüdropolüüp, neljakiireliselt radiaalne vorm. a — külgvaade, b — oraalne e. suupoolne vaade; AO — peatelg, A — aboraalne e. suuvastane ots, O — oraalne e. suupoolne ots, T — kombits e. tentaakel (asetseb raadiuse R tasapinnas), I — interraadius e. vahekiir; c, d — meritäht, viiekiireliselt radiaalne vorm. c — oraalne vaade, d — vaade pikilõigus, AO — peatelg, A — aboraalne ots, O — oraalne ots, Af — raadiustes (R) asetsevad ambulakraal- e. hiljusejalakeste read, G — interraadiustes olevad sigituselundid.

Ühtedel (näit. polüüpidel ja meduusidel) on raadiuste arv paariline (4, 6, 8), teistel (näit. okasnahkseil) paaritu (5).

Radiaalse põhikujuga loomad on sageli sessiilsed e. aluspinna külge kinnistunud.

Uitlevad e. vagiilsed radiaalse põhivormiga loomad, nagu meduusid, merisiilikud, meritähed (joon. 52), madutähed jne., põlvnevad nähtavasti kinnistunud (sessiilseist) vormidest.

5. Biradiaalne e. kahekiireline e. disümmeetriline põhivorm (joon. 53). Siin esineb üks heteropoolne (erinabaline) peatelg. Kõrvaltelgi on kaks. Need on ristipidised niihästi peatelje kui

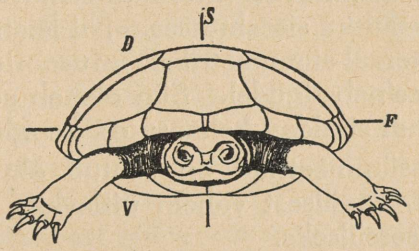


Joon. 53. Biradiaalse e. kahekiirelise e. disümmeetrilise põhivormiga kammloom aboraalselt poolelt. T — frontaal- e. laubatasapind; S — sagitaal- (paksuti-) tasapind; R — ripse. aerliistakute read gastrovaskulaarsüsteemi rõõnekanalite kohal; Gf — gastrovaskulaar- e. sooleringesüsteem.

ka teineteise suhtes. Mõlemad kõrvalteljed on homopoolsed (samanabalised), kuigi nad omavahel erinevad, s. o. oma otstel omavad erinevaid elundeid. Ka pikkuselt võivad kõrvalteljed erineda.

Biradiaalseid põhivorme leiame kuuikkorallilisil (*Hexactinia*) ja kammloomil (joon. 53).

6. Bilateraal-sümmeetriline põhi-



Joon. 54. Bilateraalsümmeetrilise põhivormiga loom (kilpkonn). Peatelg jookseb looma kraniaalselt e. koljumiselt otsalt kaudaalsele e. sabamisele otsale. S — sagitaaltasapind; F — frontaaltasapind; D — dorsaalne e. selgmine pool; V — ventraalne e. kõhtmine pool.

vorm (joon. 54). Siin leiame üheainsa heteropoolse peatelje ja kaks kõrvaltelge. Kõrvalteljed on omavahel erinevad niihästi oma ulatusel esinevate elundite

kui ka pikkuse suhtes. Peale selle on üks kõrvaltelgedest homopoolne, teine aga heteropoolne.

Homopoolset kõrvaltelge ja peatelge läbiv tasapind on frontaalne e. esikülgne (e. laupne). See frontaalne tasapind jaotab looma keha dorsaalseks e. selgmiseks ja ventraalseks e. kõhtmiseks pooleks, mis teineteisest erinevad.

Heteropoolset kõrvaltelge ja peatelge läbiv tasapind on sagitaalne e. paksutine. Sagitaalne tasapind lõikab keha paremaks ja vasemaks pooleks, s. o. kaheks antimeeriks.

Bilateraal-sümmeetrilised loomad kulgevad tavaliselt oma peatelje suunas. Peatelje eesotsas olev kehaosa on arenenud peaks ja kannab kraniaalse e. koljumise kehaotsa nime (ka selgrootuil). Kraniaalsele vastaspoolne kehaots on kaudaalne e. sabamine.

Bilateraal-sümmeetriline põhivorm on paljudel ripsloomil, siis veel ussidel, sammalloomil, käsijalgseil, harjaslõugseil, limuseil, lülijalgseil, keelikloomil jne.

Ülaltoodud põhivormide sümmeetriat võivad muuta mitmesugused asümmeetriad e. ebasümmeetriad, kas ajutised või püsivad.

Bilateraal-sümmeetrilisil loomil esinevad asümmeetriad nii välislaadis kui ka siseehituses. Nii leiame asümmeetriat paljudel bilateraal-sümmeetrilisil infusooridel. Eriti tugev asümmeetria esineb tigudel. Siin oleneb asümmeetria sellest, et sisikondi sisaldav kehaosa on keerdu arenenud.

Paljud asümmeetriad on seotud eluviisi muutusega, näit. uitlevast, vagiilsest vähem uitlevaks või koguni kinnistunuks e. sessiilseks.

Nii on noored lestad (kalad) bilateraal-sümmeetrilised. Seoses rohkem liikuva eluviisi üleminekuga vähem liikuvale (lestad lamavad külgepidi põhjal) nihkub üks silm teisele peapoolele. Täiskasvanul asetsevad mõlemad silmad sellel peaküljel, mis looma lamades põhjal on pööratud ülespoole ja omab pigmenti (värvist), vastandina pigmendivabale alumisele poolele.

Erikujuliste karbipooltega austrid (*Ostrea*) on vasema, kumerama karbipoolega aluspinnale kinni kasvanud, kuna parem, lamedam karbipool seda kaanena katab.

Rohket asümmeetrilist kõrvalekaldumist bilateraalsümmeetriast põhjustab loomil ka see, et sooltoru on sageli pikem kui keha. Seetõttu moodustab sooltoru suurema või vähema arvu korratult siuglevaid käike.

On huvitav, et üks ja sama loom võib isendilise arengu (ontogeneesi) kestel muuta oma põhivormitüüpi. Näitena mainitagu okasnahkseid, kel vastsed on bilateraal-sümmeetrilised, valmikud aga enamikus radiaal-sümmeetrilised. Ühe põhivormi üleminek teiseks on siin nähtavasti põhjuslikus seoses üleminekuga pelaagilisest, avavee elust vähem liikuvale elule merepõhjas.

Okasnahksete fülogeneetilises evolutsioonis on vist primaarseks, esmaseks vormi-põhitüübiks bilateraal-sümmeetriline. Sellest on arenenud sekundaarselt, teiseselt radiaalne sümmeetria. Hiljemini on mõnel okasnahksete rühmal, nagu süda- ja kilpsiilikulisil (*Spatangoidea* ja *Clypeastrida*) ning mõnel meripural, radiaalne sümmeetria uuesti, s. o. tertsiaarselt (kolmandaselt) kujunenud teatava määrani bilateraal-sümmeetriliseks.

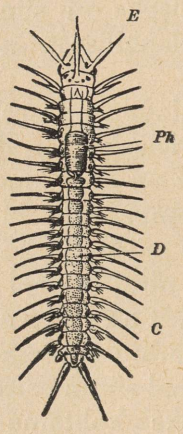
Sellist osalist radiaal-sümmeetrilise põhivormi muutust bilateraal-sümmeetriliseks kohtame ka paljudel õisloomil, mõnel hüdropolüübil ja putkeliste ujukelladel e. nektofooridel.

On võimalik, et ka kuuikkorallilised on oma fülogeneetilises arenemises läbi teinud sellise sekundaarselt bilateraal-sümmeetrilise staadiumi ja kujunenud alles tertsiaarselt biradiaalseks (e. disümmeetriliseks).

Nagu bilateraalsest põhivormist võib areneda radiaalne ja radiaalsest sekundaarselt bilateraalne, nii võib ka monaksoonsest põhivormist kujuneda homaksoonne. Nõnda on arvatavasti tekkinud päikeseliste ja kiireliste homaksoonsus. Seda oletust toetab see, et mainitud loomade vastsed on monaksoonsete viburloomade laadi. Viburloomad ise aga on fülogeneetiliselt ürgpärasemad kui juurjalgsed, kelle hulka kuuluvad päikeselised ja kiirelised.

Metameeria e. rivisarniksus (ka: segmentatsioon e. lülistus). Paljude loomade keha on peatelje suunas liigestatud reaks üksteisele järgnevaiks osadeks. Need osad on väliskujult ja siseehituselt enamvähem ühelaadsed ja kannavad metameeride e. rivisarnikute (ka: segmentide e. lülide) nime. Sellise metameerse ehituse tõttu võib antud loomal sama elund esineda korduvalt.

Metameerse keha esimene metameer on peametameer, lõpmine aga sabametameer, kuna nende



rivisarnikune (e. lülistatud e. segmenteeritud) hulkharjaseline rõnguss. Ph — neel; D — sooltoru; C — väädikud (*cirri*); E — kombitsad e. tentaaklid.

vahel olevad metameerid esinevad keremetameeridena.

Kui keremetameerid on ligikaudu ühesugused, siis on metameeria homonoomne e. samaväärne (joon. 55). On aga keremetameerid rühmiti omavahel erinevad, siis on metameeria heteronoomne e. eriväärne.

Kui heteromeerse metameeria puhul rühmiti ühetaolised metameerid üheks tervikuks liituvad, tekivad enamvähem erinevad keharegioonid (-piirkonnad). Putukal näiteks on selliseiks keharegioonideks pea (*caput*),

rindmik (*thorax*) ja tagakeha (*abdomen*), imetajal pea, kael (*collum*), kere (*truncus*) ja saba (*cauda*).

Homonoomset metameeriat leiame küüsiklasil ja rõngussidel, heteronoomset lülijalgseil, süstikkalal ja selgroogseil.

Füsioloogiline seotus homonoomselt metameerse looma osade vahel on võrdlemisi lõtv. Füsioloogiline tööjaotus (ergonoomia) sellise looma metameeride või nende rühmade vahel pole arenenud kaugele. Ühed metameerid või metameeride rühmad võivad talitluselt asendada teisi. Homonoomselt metameerse looma, näiteks vihmussi võime lõigata tükkideks, millest igaüks omaette edasi elab ja tavaliselt puuduva osa taastekitab.

Hoopis tihedam on füsioloogiline seotus üksikute kehasegmentide vahel heteronoomse metameeriaga loomil. Üksikud metameerid või nende ühendid pole neil suutelised talitluselt teisi asendama. Looma keha metameeridest (lülidest, segmentidest) koosnevad osised on siin nii arenemiselt kui ka talitluselt üksteisest sõltuvaks kujunenud. Füsioloogiline tööjaotus (ergonoomia) üksikute keha metameerirühmade vahel on heteronoomse organisatsiooniga loomal hoopis täiuslikum kui homonoomse metameeriaga loomal. Heteronoomse rakinguga loomal, näiteks putukal, omab iga tervikuks koondunud metameerirühm, nagu pea, rindmik ja tagakeha, ainult neile eriomast füsioloogilist ülesannet. Üksteisest eraldatult pole sellised talitluselt eristunud metameerirühmad suutelised ei iseseisvalt elama ega kaotsiläinud rühmi taastekitama.

Homonoomne metameeria on fülo- ja ontogeneetiliselt ürgsem vorm, millest hiljem on arenenud heteronoomne metameeria. Nii näiteks on heteronoomse metameeriaga putukad arenenud homonoomse metameeriaga rõngussidest.

Tsüklomeeria e. ringsarniksus. Radiaal-sümmeetrilisil loomil asetsevad parameerid e. kõrvalsarnikud üksteise kõrval ringi ümber peatelje. Sellist sarnikute ringilist paigutust kutsutakse tsüklomeeriaks e.

ringsarniksuseks. Tsüklomeersed loomad on enamik nõgesloomi ja okasnahkseid.

Tehakse vahet primaarse e. esmase ja sekundaarse e. teisese tsüklomeeria vahel. Primaarselt tsüklomeersed on loomad, kelle radiaal-sümmeetria on primaarne, näiteks nõgesloomad. Sekundaarselt radiaal-sümmeetrilised loomad, näiteks okasnahksed, on sekundaarselt tsüklomeersed.

V. ORGANOLOOGIA EHK ELUNDIÕPETUS.

Elundi mõiste. Varemini nägime, et loomaline organism koosneb peale materjalstruktuuride (-koetiste), milleks on elusolluse e. protoplasma peenkoetis, ja bioloogiliste põhistruktuuride, milleks on rakukeha ja rakutuum, veel organstruktuuridest e. elundkoetisist.

Organstruktuur on ühte või mitut füsioloogilist ülesannet täitev morfoloogiline arend.

Nagu bioloogilised põhistruktuurid (rakukeha ja rakutuum) koosnevad materjalstruktuuridest, nii on organstruktuurid bioloogiliste põhistruktuuride tekised.

Organstruktuure on mitut laadi. Lihtsamal korral võib elundkoetis esineda üheainsa raku (kas algloома või koeraku) osana, kandes siis organelli e. rakuelundi nime. Kõrgemail astmeil esineb organstruktuur kas üheainsa vastavaks talitluseks eristunud rakuna või ta koosneb mitmest rakust või hulgast ühel viisil eristunud rakkudest, s. o. koest või koguni mitme koeliigi ühendlusest.

Kui elund koosneb mitmest koeliigist, siis määrab elundi talitluse (või talitlused) peakude, kuna lisakoed soetavad antud talitluseks tingimusi ja toetavad talitlust.

Elundite üldliigitus. Elundid võib liigitada: provisoorseiks e. esialgseiks, larvaalseiks e. vastselisiks, definitiivseiks e. lõplikeks, konstant-

seiks e. alatisiks, temporaarseiks (perioodilisiks) e. ajutisiks (ajajärgutisiks), rudimentseiks e. jädemelisiks, homoloogseiks e. samandilisiks ja analoogseiks e. sarnandilisiks.

Provisoorsed e. esialgsed elundid esinevad lootel, vastsel või üldse nooril loomil ja kaovad hiljem. Näited: selgroogsete loodete seljakeelik (korda), lapse ja noorte imetajate piimahambad.

Vastseile e. larvidele omaseid provisoorseid elundeid kutsutakse ka larvaalseiks e. vastselisiks. Näited: liblikarööviku pärajalad, konnakullese saba, välis- ja siselõpused, iminapad, sarvsed lõuatuped.

Definitiivsed e. lõplikud on täiskasvanu elundid, mis antud kujul püsivad lõplikult. Siia kuuluvad peaaegu kõik täisealise looma elundid.

Konstantsed e. alatised on täisealise elundid, mis püsivad loomal ta normaalse surmani.

Temporaarsed e. ajutised on sellised definitiivsed elundid, mis vanemas eas kaovad (näiteks lagipea-juuksed paljudel inimestel), või sellised, mis perioodiliselt ilmuvad ja kaovad (näiteks hirvlase sarved).

Rudimentsed e. jädemelised on sellised provisoorsed või definitiivsed elundid, mis on kaotanud oma füsioloogilise töövõime. Rudimentsed elundid on pärilikkuse tõttu säilinud jäänukid elundeist, mis antud looma kõukudel olid arenenud normaalselt talitlevate elunditena. Näited: inimese kehakarvad, inimese kõrvalihased, poolkuutaoline kile (silmanurgas), ussjätke (pimesoole-ripik), munasarja manus jne. Kõik need on rudimentsed definitiivsed elundid. Rudimentse provisoorse elundi näiteks on inimese ja teiste kõrgemate selgroogsete looteil esinevad lõpuspilud.

Homoloogsed e. samandilised on elundid, mil on loomade kehas naaberelundite suhtes sama tekkelaad ja asupaik. Näited: parem ja vasem käsi, linnu tiib ja nahkhiire tiib. Homoloogsed elundid sooritavad sama või erinevat füsioloogilist tööd.

Selle järgi, kas esinevad homoloogsed elundid samas või kahes erinevas loomas, tehakse vahet generaalsete ja spetsiaalsete homoloogsete elundite vahel.

Generaalhomoloogsed e. üldsamandilised on homoloogsed elundid, mis esinevad samas loomas mitmuses, näiteks parem ja vasem käsi, selgroo kaela- ja nimmelülid, põial ja teised sõrmed.

Spetsiaalhomoloogsed e. erisamandilised on kaks või enam homoloogset elundit, millest igaüks asetseb eri loomas, näiteks kala, konna, roomaja, linnu ja imetaja süda.

Üldsamandilised elundid jaotatakse nende asupaiga alusel looma kehas homotüübilisiks, homodünaamilisiks ja homonoomseiks.

Homotüübilised e. samatüübilised on kaks sellist homoloogset elundit, millest üks asetseb antud looma paremas, teine vasemas antimeeris e. vastassarnikus. Koosneb loom põhikujult parameeridest e. kõrvalsarnikuist, siis on homotüübilised need homoloogsed elundid, mis esinevad kahes või enamas parameeris. Homotüübilise homoloogse elundi näiteks bilateraal-sümmeetrilisel loomal on parem ja vasem vastakune jäse, parem ja vasem silm, parem ja vasem tundel. Radiaalsümmeetrilisel meritähel näiteks on homotüübilisiks homoloogseiks elundeiks kiirharudes esinevad kiirjad närviväädid.

Homodünaamilised e. samajõulised on säärased homoloogsed looma keha osad või elundid, mis keha pikitelje suunas üksteisele järgnevad. Homodünaamilised on näiteks vihmussi keha segmendid ja neis asetsevad korduvad elundid, näiteks avatoruneerud e. metanefriidid (vt. erituselundkond).

Homonoomsed e. samamäärased on säärased homoloogsed elundid, mis paigustuvad ainult ühel teataval antud looma piki- või ristitelje osal. Homonoomsete elundite näiteks on inimese käe sõrmed, jala varbad.

Spetsiaalsed homoloogsed elundid liigitatakse nende

ehituslaadi alusel kompleetseiks ja inkompleetseiks.

Kompleetselt e. täiesti homoloogsed on elundid, mis kujult ja suuruselt erinedes koosnevad tekkelt samadest peaosistest ja omavad sama asupaika looma kehas. Kompleetselt homoloogsed on näiteks selgroogsete peaajud.

Inkompleetselt e. mittetäieliselt homoloogsed on elundid, millest ühed teistega võrreldes on vastavate osade poolest vaesemad või rikkamad. Inkompleetselt homoloogsed elundid jagunevad defektiivseiks, augmentatiivseiks ja imitatoorseiks.

Defektiivselt homoloogne e. puudulikult samandiline on elund, mil on kaotsi läinud osa või osad, milliseid ta varemini omas ja mis on säilinud mõne teise looma vastavas elundis. Nii näiteks on luukala rinnauime toes defektiivselt homoloogne haikala rinnauime toese suhtes, sest et selles puuduvad osad, mis esinevad haikala rinnauime toeses.

Augmentatiivselt homoloogne e. suurendsamandiline on elund, mis omab lisaosiseid, võrreldes mõnele teisele loomale kuuluva vastava elundiga. Augmentatiivselt homoloogne on imetaja ja linnu süda kahepaikse südame suhtes ja viimane kala südame suhtes.

Imitatoorselt homoloogsed e. järeleaimavalt samandilised elundid on tavaliselt metameersed. Neid iseloomustab see, et osutades välist sarnasust ja asetsedes ligikaudu samas paigas nad tekivad võrreldavate loomade looteil erinevaist metameeridest. Imitatoorselt homoloogsed on näiteks kõrgemate selgroogsete ristluulülid. Olles väliselt samalaadsed tekivad nad ühtedel tagapoolsemaist nimmelülidest, teistel eespoolsemaist sabalülidest. Rikast imitatoorset homoloogiat (samust) esindavad roomajate ja lindude lihaskond ja piirde-närvisüsteem.

Analoogsed e. sarnandilised on elundid, mil on sama füsioloogiline ülesanne, kuid mis pole homo-

loogsed. Näited: inimese ja putuka jäsemed, linnu ja putuka tiivad.

Elundkonnad e. **organisüsteemid.** Kõik ühise füsioloogilise ülesandega elundid hulkraksel loomal moodustavad elundkonna e. organisüsteemi. Ärrituvus- ja liikumistalitlustega seotud elundkondi nimetatakse animaalseiks e. loomalisiks, vastandina vegetatiivseile e. taimelisile, milliste ülesandeks on ainevahetus ja sigimine.

Animaalseiks elundkonniks on kate e. nahkkond, lihaskond, toeskond (toes, skelett), närv- e. erkkond ja meele-elundkond. Vegetatiivseiks elundkonniks on toitumis-, hingamis-, ringe-, eritus-, sigitus- ja sisenõristus-elundkond.

Kehaõõnis. Isendi arenemise algupoolel elavad kõik suguliselt sigivad hulkraksed loomad läbi kolm arenemisastet, mis meenutavad mitte-seltsingulisi ja seltsingulisi algloomi.

Esimesel astmel, nn. munaastmel, sarnanevad nad mitte-seltsinguliste, ainsast rakust koosnevate algloomadega.

Teisel lootelise arenemise astmel esineb hulkrakne loom väheseist rakkudest koosneva arendina, mis kannab moorula e. kobarloote nime. Moorula tekib munaraku korduvail pooldumisil, milline toime kannab munaraku lõigustumise e. segmentatsiooni nime (embrüoloogilise segmentatsiooni mõistet kui toimingut ei tule ära vahetada anatoomilise segmentatsiooni mõistega, mis tähendab sedasama, mis metameeria e. rivisarniksus e. lülistus).

Moorula-astmel sarnaneb hulkrakse loode umbsete, õõneta seltsinguliste (koloniaalsete) algloomadega, nagu on kobarviburlane (joon. 8, A).

Moorula-astmele järgneb blastula- e. põisloote-aste. Põisjas blastula tekib umbsest moorulast loote rakkude paljunedes ja nihkudes ta piirdeossa. Blas-

tula-staadiumis meenutab hulkrakse looma loode seltsingulisist algloomist kerilast (joon. 12).

Blastulas sisalduv ruum on blastotsööl e. põislooteõõnis (ka segmentatsiooni- e. lõigustumisõõnis).

Blastulast kujuneb hulkrakseil loomil gastrula e. karikloode. Lihtsamal korral areneb gastrula blastulast viimase seina sissesopistumisel. Selliselt tekkinud gastrula meenutab kahekordse seinaga kotti e. karikat. Ta seinad koosnevad epiteelist. Gastrula välissein kannab ektodermi e. välislehe, sisesein entodermi e. siselehe nime. Gastrula sisaldab kahte ruumi: piirdeja keskmepoolset. Piirdepoolne, ekto- ja entodermi vahel olev ruum on blastotsööl. Blastotsööl täitub kas rakkudeta tartelja ainega, nn. mesoglöa e. vahehüüvendiga (näit. hüdralaadseil), või mesenhüümi e. vahekoega (enamikul teistel hulkrakseil). Keskmepoolne, entodermist piiratud ruum on gastrotsööl e. maosoole-õõnis. Gastrotsööl suubub välja blastopoori e. prostooma e. ürgsuu varal. Gastrotsöölist areneb hiljem suurem osa loote kesksoolest (mesenteronist e. mesodeumist).

Gastrula-astmel meenutab paljude hulkraksete loomade loode kombitsateta hüdrat (joon. 24). Gastrotsööl on homoloogne hüdra gastraal- e. maoõõnega ja meduuside gastrovaskulaar- e. sooleringesüsteemiga.

Ühes Haeckeliga võime oletada, et hulkraksed loomad põlvnevad ühiseist gastrula-laadseist esivanemaist.

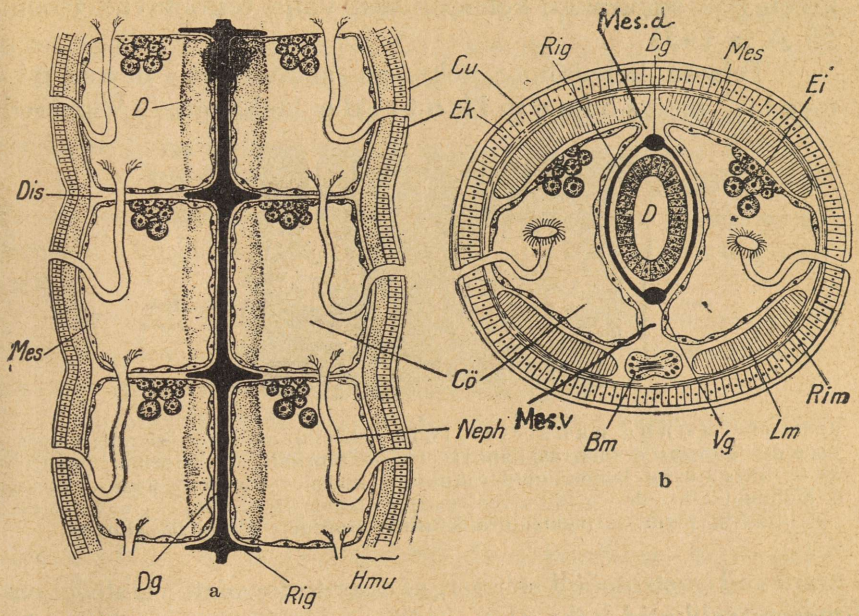
Kehas sisalduva ruumkonna alusel võib hulkraksed loomad jaotada ainuõõsseiks e. ühisõõsseiks (*Coelenterata*) sõna laias mõttes ja lahusõõsseiks (*Coelomata*).

Ainuõõssed omavad ühtainust lihtsamat (hüdral) või keerukamat (käsnadel, meduusidel) ruumi. Selle ruumi kaudu toimub niihästi toitumine kui ka enamik muid vegetatiivseid elutalitlusi.

Lahusõõsseil on keha siseruum eristunud kaheks teine-

teisest lahus olevaks ja eri talitlusi evivaks ruumiks. Ühe neist moodustab seedekulgla siseruum, teise nn. kehaõõnis. Kehaõõnis asetseb seedekulgla (sooltoru) ja kehaseina vahel.

Tekke ja ehituslaadi alusel tehakse vahet esmase ja teisese kehaõõnise vahel.



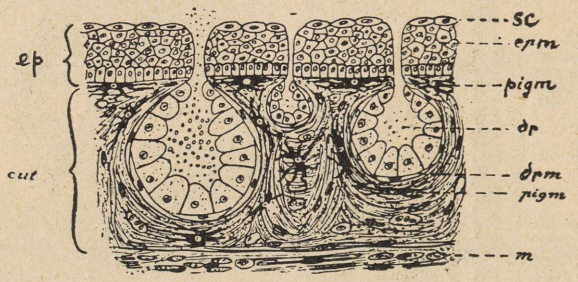
Joon. 55 A. Rõngussi siseehitus (skeem). a — kolm segmenti (e. lüli) e. metameeri (rivisarnikut) selja poolt; b — ristilõige; Bm — kõhuaju; Cö — teisene kehaõõnis e. tsöloom; Cu — kutiikula e. koorend (koorkest); D — seedekulgla (sooltoru); Dis — dissepiment e. vahesein; Dg — selgmine pikisoon; Ei — munarakud; Ek — ektoderm; Hmu — nahklihasmõik; Lm — pikilihastik; Mes — mesodermne epiteel e. mesoteel (mesepiteel); Mes. d — selgmised keskmed (dorsaalne mesenteer); Mes. v — kõhtmised keskmed (ventraalne mesenteer); Neph — metanefriidid e. avatoruneerud; Rig — ringsooned; Rim — ringlihastik; Vg — kõhtmine pikisoon.

Esmast e. primaarset kehaõõnist (e. prototsööli) iseloomustab see, et tal puudub mesodermsest epiteelist (e. mesoteelist e. mesepiteelist) sein ja et ta tekib blastotsöölist. Esmast kehaõõnist leiame alamail lahusõõsseil, näiteks ümmarussidel, kidakärsseil, keriloomil (joon. 66). Teistel alamaist lahusõõsseist, nagu rips-, imi-

ja paelussilisil, täidab esmast kehaõõnist lihastülbkude e. muskelparenhüüm (joon. 65).

Teisene e. sekundaarne kehaõõnis (e. deuterotsööl) e. tsöloom omab mesodermsest epiteelist seina. Peale selle on ta enamasti ühestuses välismaailmaga. Seda ühestust teostavad kanalid või avad, mis eritisi (ekskreete) ja sugurakke kehaõõnisest välja toimetavad (joon. 55 A ja 143).

Teisese kehaõõnise teke on seotud nn. mesepiteeli- e. tsöloomikottide tekkega. Viimased



Joon. 56. Konna naha ristilõik (skeem). ep — epidermis e. pealisnahk (kamar- e. marrasknahk); cut — alusnahk e. koorium (kuutis); sc — ühestainsast lamendunud rakukihist koosnev sarvkest; epm — limas- e. Malpighi kiht; dr — liht-alveolaarne e. sompnääre; drm — nahanäärme lihastik; pigm — pigmendirakk (kromatofoor); m — nahalihastik.

arenevad gastrotsööli seinast, s. o. entodermist. Ühtedel on mesepiteelikotid kohe alguses õõnsad, teistel aga umbsed ja alles hiljemini õõnestuvad. Mesepiteelikottide õõs kujunebki teiseseks kehaõõniseks e. tsöloomiks.

Loote mesepiteelikotid ühes mesenhüümiga (vt. lk. 167, 168) moodustavad mesodermi e. kesklehe.

Mesepiteelikottidest areneb peale muude moodustiste ka teisest kehaõõnist kattev epiteel.

Hästiarenenud tsöloomi leiame enamikul rõngussidest, käsijalgseil, sammalloomil, okasnahkseil, süstikkalal ja selgroogseil.

Tüübilistel rõngussidel (harjasussidel) on tsöloom nn. dissepimentide e. vaheseinte varal jaotatud pikisuunas üksteisele järgnevaiks osisteks, lülideks e. segmentideks (metameerideks) (joon. 55 A, 143).

Need tsöloomilülid (rivisarnikud) tekivad tsöloomikottidest, mis lootel esinevad hulganisti paremal ja vasemal seedekulgla küljel.

Parem- ja vasempoolsete tsöloomikottide keskmepoolsed seinad ümbritsevad seedekulglat. Ühinedes üksteisega moodustavad nad selgmiselt seedekulglast selgmise mesenteeriumi e. selgmised keskmed, kõhtmiselt aga kõhtmise mesenteeriumi e. kõhtmised keskmed (joon. 55 A).

Tsöloomi lülideks jaotavad dissepimendid tekivad naaber-tsöloomikottide ees- ja tagaseinte liitumisel.

Kaanidel täitub tsöloom suurelt osalt lihastülbkoega (muskelparenhüümiga), jäädes püsima vaid mitmesuguseid elundeid ümbritsevate lakuunidena e. laugastena.

Limuseil täitub looteeas tekkiv tsöloom mesenhüümiga, püsides ainult südamepaunana ning sugunäärmete ja neerude õõnena.

Lülijalgseil ühinevad esmane ja teisene kehaõõnis ning veresoonestik ühiseks verega täidetud, siseelundite vahel olevaks ruumiks.

Kate (*integumentum*). Kattena esinevad nahk ja kõik nahalisandid [kutiikula e. koorkest (koorend), sarv- ja luusoomused, suled, karvad, näärmed jne.].

Katte peatalitluseks on looma keha kaitse ümbruskonna kahjulikkude mõjude eest. Peale selle võib kattel olla rida lisaülesandeid, nagu ainevahetus (nõristus, eritus, hingamine, toitainete imamine), energiavahetus (liikumine, soojuse reguleerimine, valguse soetamine jne.) ja ärrituvus, mille aluseks on nahaga seotud meeleriistade tegevus.

Algloomil talitleb kattena rakukeha väliskiht — ektoplasma e. välisplasma ja selle eristised: pelliikula e. nahand, kutiikula e. koorend, tsüst e. ümmik, testa e. lubikoor ja muust ainest kojad.

Hulkraksete gastrula e. karikloote katteks on ektoderm e. välisleht.

Käsni katab ainukihiline lame-(lest-)epiteel, mille rakke läbivad kehasse viivad urbed (*pori*).

Ainukihilisest epiteelist koosneb ka kõigi teiste selgrootute katte olulisem osa.

Alamail nõgesloomil (näit. hüdral) on kate epiteellihasrakkudest, kuna kõrgemail vormel (näit. õisloomil), samuti ka kammloomil katterakkude epiteelne osa on lihaselise osa suhtes kujunenud iseseisvaks. Ühtedel nõgesloomist (meduusidel) on katte-epiteel lame, teistel (polüüpidel) silindriline. Enamikul hüdropolüüpidest katab nahaepiteeli kutikulaarne katis e. periderm.

Ussidel ja muil selgrootuil on nahaepiteel tavaliselt silindriline, kutiikulaga kaetud või ripsmeline. Kutiikulaga kaetult kannab see hüpodermise e. emakihi nime.

Ussidel moodustab nahaepiteel ühes selle all oleva lihaskonnaga sisikondi ümbritseva kotja arendi, nn. nahklihasmõigu.

Selgroogseil ja osalt ka okasnahkseil ja limuseil võtab naha kujundamisest osa peale epiteeli ka sidekude. Siin koosneb nahk ektodermsest pealisnahast (kamar- e. marrasknahast) e. epidermisest ja seda toetavast mesodermsest alusnahast e. kooriumist (kuutisest).

Selgroogsete epidermis on vastandina selgrootuile mitmekihiline.

Kõrgemail selgroogseil kahepaikseist alates on epidermis eristunud alumiseks limas- e. Malpighi kihiks (*stratum mucosum e. str. malpighi*) ja seda katvaks sarvunud rakkudest sarvkihiks (*stratum corneum*). Kahepaikseil on sarvkiht väga õhuke, roomajail ja imetajail aga võrdlemisi paks (joon. 56 ja 25, p).

Ehkki ka alusnahk nn. papillina e. näsana võtab osa roomaja soomuse, linnu sule ja imetaja karva tekkimisest, on need arendid siiski peamiselt sarvkihi tekised. Sama maksab ka küüniste, küünte, kapjade, ninasarviku ja veislaste sarvede kohta.

Katete koetisest ja koostisest oleneb ka loomade värvus ja värvikiri e. nahamuster. Tuleb vahet teha kahesuguse, nimelt pigmentse e. värviselise ja struktuurse e. koetiselise värvuse vahel. Pigmentne värvus oleneb pigmendist e. värvisest, mis asetseb kas teradena või lahustatult ja hajusalt rakkudes või kutiikulas (joon. 56).

Rakkudest võib pigment esineda niihästi epidermise- kui ka sidekoerakkudes. Pigmenti sisaldavad sidekoerakud on sageli õieti harulised ja kannavad kromatofooride e. värvisrakkude nime (joon. 41 ja 42).

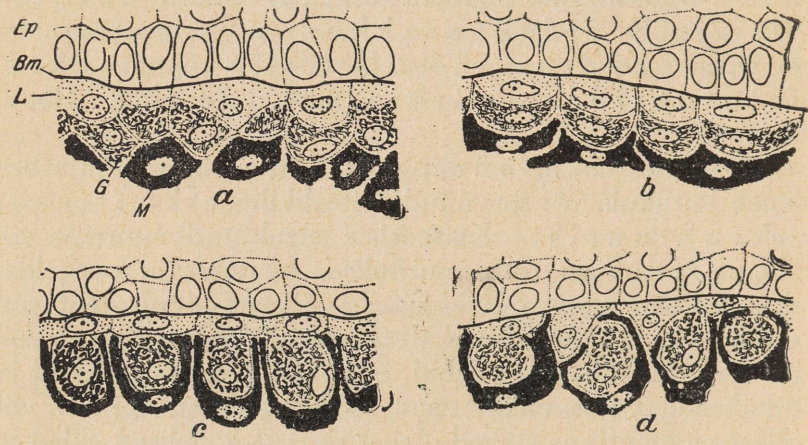
Struktuurne e. sümpaatiline interferentsvärv oleneb kutiikula või sarvunud epiteelikihtide koetisest e. struktuurist. Katteosiste struktuuri suurema või vähema keerukuse tõttu murtakse, imatakse ja peegeldatakse nahale langevaid valguskiiri nii, et ainult teatavad kiireliigid peegelduvad nahalt meie silma ja põhjustavad värvide taju. Sellest tulebki, et liblikate tiivasoomused ja lindude suled, mis, ehkki need sisaldavad ainult pruuni või kollast pigmenti, paistavad olevat sinised, rohelised, lillad ja punased.

Paljud loomad (eriti peajalgsed, koorikloomad, putukad, kalad, amfiibid, roomajad) võivad muuta oma naha värvust. See värvusemuutus võib toimuda aeglaselt või kiiresti ja oleneb pigmendi- e. värvisterade paigamuutusest rakukehas. Tuntuimaid muutliku värvusega loomi on kameeleon, kelle nahk võib muutuda oranžiks, pruuniks, roheliseks jne.

Värvust muutvate loomade nahavärvuse muutus oleneb pigmenditerade paigamuutusest värvisrakkude tsütoplasmas. Pigmenditerad võivad koonduda raku keskossa või raku harudesse laiali valguda. On pigment tume, siis esimesel juhul nahk heleneb, teisel juhul tumeneb.

Varemalt arvati, et kromatofoorid võivad oma harusid sisse tõmmata ja välja sirutada nagu amööbid oma kulendeid (pseudopoode) ja seega pigmenti koes hajutada ja koondada.

Pigmendi värvuse alusel jagunevad kromatofoorid melanofoorideks, ksanto- e. lipofoorideks ja erütrofoorideks. Melanofoorid e. musterakud sisaldavad musta, ksanto- e. lipofoorid e. kollarakud kollast ja erütrofoorid e. punarakud punast pigmenti, mis on sugulane karotiiniga (porgandi värvisega) (joon. 57 ja 42).



Joon. 57. Ristilõigud lehekonna (*Hyla arborea*) seljanahast, et näidata, kuidas pigmendi asend pigmendirakkudes tingib nahavärvust. Bm — alus- ja pealisnaha vahel asetsev basaalmembraan e. aluskile; Ep — pealisnahk e. epidermis; L — ksanto- e. lipofoorid e. kollarakud; G — guanofoorid e. iridotsüüdid e. hõberakud; M — melanofoorid e. musterakud;

a — sidrunkollane nahk, pigment musterakkudes on tuuma ümber koondunud, kollarakkude pigment on korratult guanofooride vahele nihkunud;

b — heleroheline nahk, kollarakud läätsjad, guanofoorid kausjad, musterakkude pigment mõõdukalt levinud;

c — tumeroheline nahk, kollarakud lamedad, guanofoorid kuupjad, musterakkude pigment on guanofooride vahele tunginud;

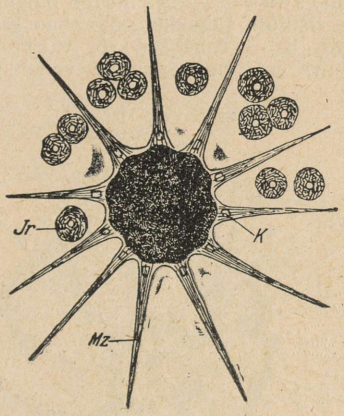
d — rohekashall nahk, musterakkude pigment ümbritseb enamvähem täielikult guanofoore ja tungib kiiludena kollarakkude vahele.

Paljudel etendavad nahavärvuse muutuses osa peale kromatofooride veel nn. guanofoorid e. iridotsüüdid (e. leukofoorid) e. hõberakud. Guanofooride tsütoplasma sisaldab väikesi guaniinkristalle, mille toimel tekivad valguse peegelduse (refleksiooni) ja interferentsi (kustumise) toimed. Interferentsitoimed aga võivad põhjustada rohelisi ja siniseid värve.

Paljud loomad, eriti peajalgsete ja kalade vormid, võivad kooskõlastada oma värvust nii heleduse, värvitooni kui ka värvikirja suhtes ümbruskonna värviga. See võime põhjeneb refleksil, mille toovaks teeks on silmad ja nägemisnärvid, viivaks teeks aga kromatofoore ja guanofoore innerveerivad närvid (vt. refleksikaar).

On juhtumeid, kus pigmendi liikumist kromatofoorides tingib eriline s i s e n õ r e (inkreet), mida silmast saadud valguserutus tekitab närvikeskmete kaudu veres.

Peajalgseil limuseil ümbritsevad kromatofoore kiirjalt silelihasrakud. Viimaste kokkutõmbel venib kromatofoor



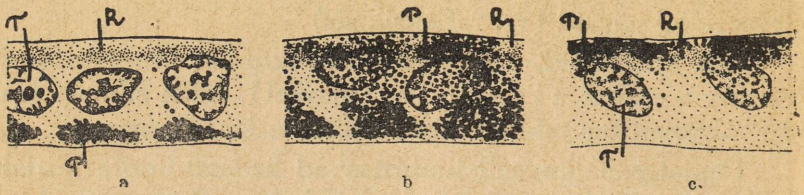
Joon. 58. P e a j a l g s e l i m u s e p i s i s e e p i a *(Sepiola)* k r o m a t o f o o r e. v ä r v i s r a k k l i h a s r a k k u d e s t p ä r j a g a. Ir — guanofoor e. iridotsüüt e. hõberakk; Mz — lihasrakud; K — lihasrakkude tuumad.

laiemaks ja õhemaks, põhjustades nahavärvuse muutust (joon. 58).

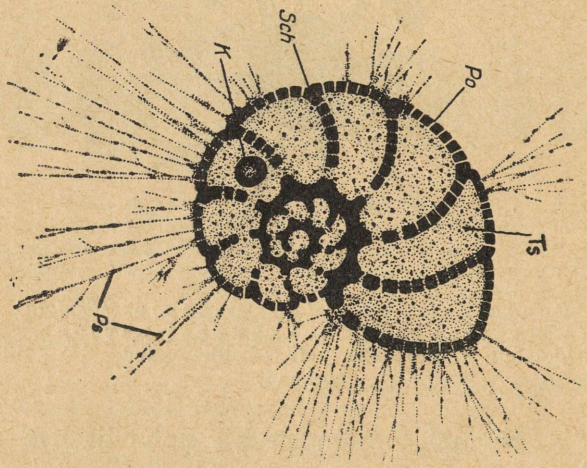
Harukorril (mõnel sihktiivalisel) oleneb enamvähem kiire nahavärvuse muutus pigmendi liikumisist tavalisis e p i t e e l r a k k u d e s.

Sihktiivalisel putukal *Dixippus morosus*'el leiame naha epidermiserakkudes rohelisi või halle ja kollakaspunaseid pigmenditeri, mis tavaliselt paigal püsivad ja looma värvust põhjustavad. Kuid antud putuka tumedamail teisendeil esinevad samade rakkude tsütoplasmas veel pruunid pig-

menditerad. Heledas valguses paigustub pruun pigment rakutuumade all ja loom omab heledat värvust. Pimedas aga nihkuvad pruunid pigmenditerad rakkude väliskihti, mistõttu nahavärvus muutub pruuniks (joon. 59).



Joon. 59. Ristilõik sihktiiblase *Dixippus morosus*'e pruuni teisendi epidermisest. a — pigmendi paigustus marrasknaha-rakkudes päevaajal; b — ristilõik tumedamast nahaosast; c — pigmendi öine asetus; T — rakutuum; R — rohelised või värvitud terad; P — pruun pigment; piiri epidermiserakkude vahel pole näha.

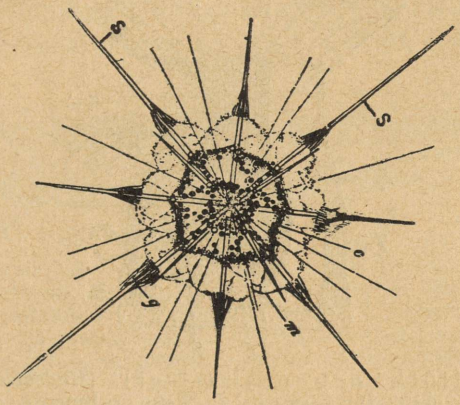


Joon. 60. Hulgakambrilise juurjalgse sarilase (*Polystomella crispa*) pikilõigu skeem. K — tuum; Po — urbed e. poorid; Ps — pseudopoodid e. kulendid; Sch — koda (must). Ts — tsütoplasma e. rakukehaplasma.

Peale pigment- ja struktuurvärvuse võib looma elundite pinnavärvus oleneda veel nahas olevate verekapillaaride rohkusest, näit. inimese huulte ja põskede puna, kukeharja punane värvus jne.

Skeletiks e. t o e s e k s (*skeleton*) kutsutakse mitmesuguseid anorgaanilisi ja orgaanilisi tahkeid arendeid, samuti ka kudesid ja elundeid, mis pakuvad loomile t u g e, k a i t s e t või k i n n i s t u s p a i k u nende lihaseile.

Algloomist leiame skelette juurjalgseil. Paljudel amööbilaadseil esineb skelett k o j a n a, mis väliselt katab loomakese pehmet protoplasmakeha ja läbib seda sageli mitmesuunaliste seintena (joon. 60). Kiirelisil ja päikeselisil kohtame r a d i a a l s e l t (kiirjalt) korraldatud nõelte või ü h i s k e s k m e l i s e l t (kontsentriliselt) asetsevate



Joon. 61. A s t l a l i n e k i i r e l i n e *Acanthometron pellucidum*. c — tsentraalkapsel e. keskmekihn; S — skelettnõel; m — ekstrakapsulaarne e. väliskihnuline tsütoplasma; g — müoneemid e. lihaskiukesed, mis kulgevad skelettnõelalt väliskihnulisele tsütoplasmale.

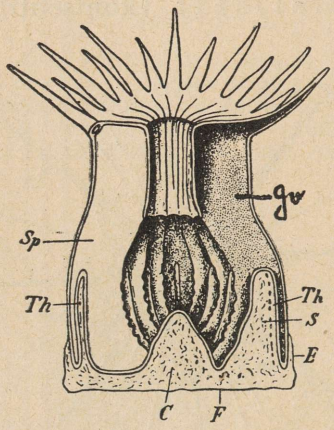
plaadikeste või võrede süsteeme, mis vastandina paljude amööbilaadsete lubikodadele koosnevad enamasti ränihappest (astlalisil on nõelad strontsiumisulfaadist) (joon. 61).

Hulkraksete skeletid on tekkelt kas e k t o-, e n t o- või m e s o d e r m s e d arendid ja jagunevad asupaiga järgi looma kehas kas v ä l i s e i k s või s i s e s e i k s.

Ektodermitekkese v ä l i s t o e s e n a esinevad paljude hüdropolüüpide kutikulaarsed t u p e d (p e r i d e r m e. k a t i s), keriloomade r ü ü (*lorica*), sammalloomade ja tigude k o d a, käsijalgsete ja karpide (limuste) k a r b i-

p o o l e d, lülijalgsete k o o r i k u d, merituppede ja merikohvrite m a n t l i d.

Tüübilist s i s e m i s t ektodermset skeletti leiame paljudel korallpolüüpidel, kel see läbib keha keskmese teljena või kiirjate liistakutena. See siseskelett tekib sel teel, et üksikud ektodermsed rakud — s k l e r o b l a s t i d e. t o e s e t e k i t a j a d polüübi ekto- ja entodermi vahele rändavad ja siin nõristuse teel alguse annavad paksudele lubja- või orgaanilisile skeletimassidele (joon. 62).



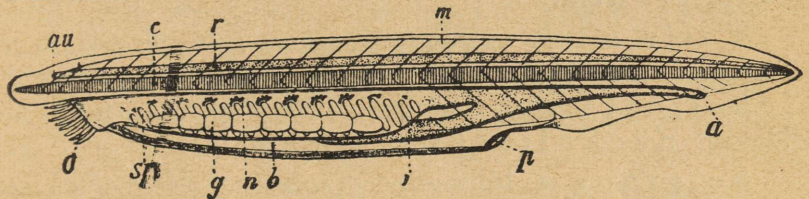
Joon. 62. P i k i l õ i k u r b k o r a l l i l i s e s t (*Madreporaria*) (skeem), et näidata suhet ektodermse skeleti ja keha pehmeosa vahel. Vasemal läbib lõik vaheseina (Sp), paremal gastrovaskulaarse e. sooleringesüsteemi külgkambri (Gv). Sp — vahesein; Gv — gastrovaskulaarse e. sooleringesüsteemi külgkamber; Skeleti osad: F — jalgliistak; C — tulbake (*columella*); Th — seinliistak (*theca*); S — toesvahesein (*scleroseptum*); E — pealisseinliistak (*epitheca*).

E n t o d e r m n e s k e l e t t on ainult sisemine. Kublistunud rakunööri na — rakureana, mille tsütoplasmas on palju kublikuid (vakuoole), esineb see meduuside ja polüüpide kombitsais. Samasuguseist kublistunud (vakuoliseerunud) tsütoplasmaga tihekestalisist rakkudest vääti, nn. s e l j a k e e l i k u t (*chorda dorsalis*) leiame neelhingseil ja kõigil keelikloomade hõimkonna esindajail (mantelloomil, koljutuil, selgroogseil) kas valmiku-, vastse- või lootejärgus. Seljakeelikut katab k o r d o l e m m e. s e l j a k e e l i k u t u p p. Tupe ja rakumahlaga täidetud kublikuis valitseva

turgori e. turduse (koepinge) tõttu on seljakeelikul jäikjas koostuvus ja ta täidab seega hästi oma toetavat ülesannet (joon. 63).

Morfoloogiliselt kõige rikkam on mesenhüümrakkudest arenev mesodermne skelett. Seda leiame käsnadel, paljudel peajalgseil, okasnahkseil ja selgroogseil.

Käsnadel moodustab mesodermitekkene skelett tavaliselt mesodermisse paigustatud lubi- või räniokiseid (*spiculae*) või spongiinist e. käsnollusest koosnevaid siidjaist kiududest võrkmikke. Okasnahksete skelett on koos alusnahas asetsevaist mitmekujulisist suuremaist või vähemaist lubimoodustistest. Meripuradel esinevad need moodustised väikeste lõdvalt seotud või vabade



Joon. 63. Koljutu keelikloom süstikkala (*Amphioxus*). c — seljakeelik (*chorda dorsalis*); m — müomeer e. lihaskonna-lõik; au — silmjas pigmenttähn; r — seljaaju; o — suu; l — maks; a — pärak; sp — lõpuspilu; b — lõpuseümbriseline e. peribranhiaalne ruum; p — lõpuseümbriselise ruumi ava; g — gonaad e. sugunääre; n — toruneer e. nefriidkanal.

skelettkehakestena. Merisiilikuil aga moodustavad nad kihnuks (kapsliks) ühinenud lubiplaadikeste ridu. Meriliiliate, meri- ja madutähtede kiirharudes esinevad need liigeseliselt seotud kehaseina toeseosistena. Paljudel moodustavad need nahal asetsevaid liikuvaid jätkeid — okkaid, haarlaid. Ka merisiilikute neelu ümbritsev mälumisaparaat, nn. aristootelese latern, koosneb liistakjaist ja kepjaist toesarendeist (joon. 138, Skp, Z).

Selgrootuist on limused ainukesed, kel leiame kõhresi toeseosi. Nii sisaldab mõnel tigul suuõõnes asetsev toidupeenenduselund raadula e. hõõrel kõhrest toest. Kõhrest sisetoes on omane ka peajalgseile. Siin toetab keskmenärvikava ja vaagpõiekest peakõhr, silmi silmakõhr, haarmeid haarmekõhr. Peale

selle esinevad veel turjakõhr, uimekõhr ja mõned muud.

Selgroogseil esineb mesodermitekkene toes osalt kõhrest, osalt luukoest koosnevate arenditena ja jaguneb asendi alusel välistoeseks (*exoskeleton*) ja sisetoeseks (*endoskeleton*).

Välistoes esineb kas luusoomuseina (kalad, siugkonnalised) või luukilbiseina [ürgkahepaiksed (välja surnud), mõned sisalikud, krokodillid, rida väljasurnud roomajaid, kilpkonnad, vööloomad].

Sisetoes jaguneb keskme- ja piirdetoeseks.

Keskmetoesena esinevad kolju, selgroog, roided ja rinnak.

Kolju e. kolp (pealuu, *cranium*) koosneb peaaju ja tähtsamaid meele-elundeid (nina, silma, kõrva) varjavast ajukoljust (*neurocranium*) ja suuõõnt ning neelu sisaldavast näokoljust (*splanchnocranium*).

Selgroog e. lülisammas (*columna vertebralis*) on koos seljalülidest (*vertebrae*) ja varjab seljaaju. Lootel asendab selgroogu seljakeelik (*chorda dorsalis*).

Roided (*costae*) ühes rinnakuga (*sternum*) ja selgroo vastava osaga moodustavad enamikul neljajalgseist kopse ja südant kaitsva rindkorvi (*thorax*).

Piirdetoes koosneb ees- ja tagavöötmest (*zonoskeleton*) ja nende varal kesktoesele kinnistunud ees- ja tagajäsemete luudest (*meloskeleton*).

Naaberluud on üksteisega ühenduses kas sidekoelise (sündesmootse), kõhrese (sünkontrootse) või luust (sünostootse) tardliigese e. sünartroosi või luude liikumist võimaldava vabaliigese e. diatroosi varal.

Nagu varemalt nägime, koosneb luu välisest tihke- e. plinkollusest ja sisemisist hõredaist risti-rästi kulgevaist luupõrkadest (trabeekuleist). Need luupõrgad on nõnda korrastatud, et võimaldavad suurimat mehaanilist töövõimet kõige vähema ainekuluga. Ikka üh-

tib siin luupõrkade üldsuund suurima rõhu või tõmbe suunaga.

Säärast otstarbekat sisekoetist leiame ka merisiilikute ogadel ja toesliistakuil.

Sellist luupõrkade korraldust seletatakse sellega, et talitluseline ärritus mõjub rõhu ja tõmbe suunas kõige tõhusamalt. Seetõttu ilmutavad neis suunis asetsevad luupõrgad kõige tõhusamat aine kasvamist ja arenevad välja kõige paremini.

Et niihästi välis- kui ka sisetoes on lihastele ürge (*origo*) ja kinnistuse (*insertio*) paigaks (vt. lihaskond) ja esineb lihtsama või keerukama hoovade (kangide) süsteemina, siis tuleb skeletti pidada passiivseks liikumisaparaadiks.

Toese tüübist — kas sise- või välistoes — oleneb ka looma suurus, nagu see selgub lülijalgsete ja selgroogsete võrdlusest. Võrdlusest järgneb, et sisetoesega selgroogsed on palju suuremad kui välistoesega lülijalgsed. See tuleb sellest, et sisetoesel on võrdlemisi väike maht ja kaal, kuna välistoes, kui see oleks suur, looma rängalt koormaks. Sellega on seletatav, et putukad ei kasva palju üle 10—15 cm pikaks. Tugeva välistoesega devooni- ja siluurikilpkalad surid välja nähtavasti sellepärast, et nad ei kannatanud võistlust päriskaladega, kel arenes sisetoes.

Liikumiselundkonna (*organa locomotionis*) abil toimub looma kulgemine paigast paika, s. o. lokomotsioon e. paigastliikumine, või looma keha osade liikumine kas üksteise või keha kui terviku suhtes. Kuid liikumiselundite ülesandeks võib olla ka keha pinnal või keha sees olevate ainete, nagu toidu, vee, soolesisu, vere, eritiste, sugurakkude liikuma panek keha suhtes e. nn. transjektsioon e. ülenihutamine.

Niihästi algloomade kui ka hulkraksete loomade seas on vorme, kes vastandina paigast liikuvaile — uitlevaile e. vagiilseile on aluspinnale kinnistunud e. sessiilsed (näit. mõned viburloomad ja juurjalgsed, rida

ripsloomi, käsnad, paljud nõgesloomad, sammalloomad, käsijalgsed, merituped jne.).

Enamik sessiilseid loomi on vastseeas vagiilsed.

Maismaaloomade seas puuduvad sessiilsed vormid.

Liikumiselundid võib rühmitada ajutisiks ja püsivaiks.

Ajutisiks liikumiselundeiks on pseudopoodid e. kulendid, püsivaiks ripsmed, viburid ja lihaskiukesed (müoneemid, müofibrillid).

Kulendite ehituse ja talitluse alusel võib liigitada nende abil toimuvat kulendilist e. pseudopoodset liikumist amöboidseks ja aksopoodseks e. kiirkulendiliseks.

Amöboidset liikumist leiame amööbidel ja hulkraksete loomade vere valgelibledel.

Aksopoodne liikumine erineb amöboidsest sellepoolest, et siin esineb tekkivas ja kaduvas kulendis tahkemas, gel-seisundis olevast protoplasmast telgniit. Kulendid esinevad siin kiirjalt kehast väljuvate arenditena, mille telgniidi külgi pidi liigub vedelamas sol-seisundis olev protoplasma. Aksopoodne kulendiline liikumine iseloomustab juurjalgseist päikeselisi ja kiirelisi.

Nii ripsmete kui ka viburite liikumise põhjus peitub neis enestes — oletatavasti nende telgniiti ümbritsevas kinoplasmas (liikumisplasmas). Ripse, mis rakust ühes basaalkehakese e. alusteraga eraldatakse, tõmbleb iseseisvalt edasi.

Ripsmete ja viburite töö on üldiselt korrapärane, rütmiline.

Ripsmed kummarduvad (kiiresti) ja sirguvad (aeglasemini) tavaliselt samas tasapinnas. Kummarduse amplituud ulatub 60°—120°, harva 180°. Kummardumisel (e. mõjuvfaasis) on ripse jäikjam, sirgumisel (e. mõjutafaasis) lõdvem. Ripsmete (samuti ka viburite) löögikiirus võib olla mitmesuguseil loomil ja samal loomal erisuguseis olukorris erinev, ulatudes mõnest sekundist (mõnedel viburloomadel) mõne sajandiku sekundini.

Algloomist leiame ripsmeid infusoorel, hulkrakseil loomil virveepiteelil, mis katab kogu keha (näit. ripsussilistel) või selle välis- või siseosi. Kulgemiselundeina esinevad ripsmed peale väheste erandite (näit. kammloomade) ainult väikesil hulkrakseil loomil (tavaliselt mitte üle 2—3 mm pikkadel), kas looteil, vastseil või täisealisil.

Ühtedel hulkrakseist loomist ei avalda närvisüsteem mõju ripsmete tööle. Ainult välistegurid, nagu temperatuur ja keemilised ärritused, võivad neil muuta ripsmete liikumiskiirust. Selline ripsmeline liikumine on autonoomne ja irregulatoorne e. mittekorraldatav.

Teistel hulkrakseil loomil võib närvisüsteem reguleerida ripsmete talitlust. Need on nn. tsilioregulatoorsed e. ripsmekorraldatavad loomad (näit. kammloomad). Närvisüsteem avaldab ripsmete tööle üldiselt pidurdavat mõju, sest peale asjaomase närvi läbilõikamist või uimastamist löövad ripsmed vahetpidamata.

Ripsmed virveepiteelil töötavad metakrooniliselt, s. o. seaduspärases järjestuses. Nad ei kummardu ega sirgu kõik korraga, vaid õõtsuvad lainjalt üksteise järel. Erutus liikumiseks kulgeb otsejoones rakust rakku, pannes liikuma nende ripsmed, otsekui tuul, puhudes üle viljapõllu, paneb kindlas järjestuses kummarduma viljakõrred (joon. 25, i ja 25 A).

Peale lokomotoorsete sooritavad ripsmed hulkrakseil loomil veel transjektoorseid liikumisi. Siia kuuluvad näiteks toitmassi edasinihutus seedekulglas, tolmupihukeste väljapoole nihutus kopsu- ja kõrilõõris, hingamisvee liikumine limuste lõpustel, eritiste edasinihutus neerukanalikesis, munaraku edasikanne imetajate munajuhas.

Transjektoorselt töötavad ka infusooride suuvälja ripsmed, suunates vett toitpihukestega rakusuu poole.

Viburid (vt. viburepiteel)on ripsmeist suuremad ja esinevad rakkudel tavaliselt ainsuses (joon 25, k). Nad sooritavad kas looklevaid (lainjaid), aerjaid või keeritsjaid liigutusi. Viburloomil leiame neid kas

ainsuses või rohkem kinnistatult raku eesotsale. Siin töötavad viburid aeroplaani propellerina, soetades looma ees tühimiku, kuhu suundub vesi ühes viburloomaga (joon. 6).

Hulkrakseil on tavaliselt varustatud viburiga seemneniidid e. spermatozoidid. Seemneniidil kinnistub vibur raku tagumisele otsale ja töötab rakku edasi tõugates nagu laevakruvi.

Peale lokomotoorsete sooritavad viburid ka transjektoorseid liigutusi, ajades liikvele keha ruume täitvaid vedelikke. Selliselt töötavad kaelusepiteel käsnade viburkambrikesis ja hüdra gastraalõõnt vooderdav viburepiteel (joon. 25, 1).

Lihaskiukesed kui kõige enam eristunud liikumisvahendid iseloomustavad eeskätt hulkrakseid loomi, paigustudes neil erilisis rakkudes — lihasrakkudes e. lihaskiududes (sile- ja vöötlihasrakkudes, vt. lihaskude).

Algloomist leiame lihaskiukesi (müoneeme, müofaane) infusooridel, karieoselisil ja astlalisel päikeselisel *Acanthometron*'il.

Karieoselisil paigustuvad ringjalt kulgevad lihaskiukesed — müoneemid vastu ento-(sise-)plasmat olevas ekto-(välis-)plasmakihis. Selliste ringjate müoneemide varal sooritavad nad nn. peristaltilisi (rudivoolelisi) liigutusi, kokkutõmbe-laine liikudes keha pikitelje suunas. *Acanthometron*'il suunduvad müoneemide kimbud skelettnõeltelt kihnuvälisele (ekstrakapsulaarsele) protoplasmale, põhjustades selle väljavenitust nõelte suunas (joon. 61).

Algloomade müoneemid on sageli kaksikmurdvad ja mõnikord isegi ristivöödilised.

Enamikul hulkrakseist loomist on lihasrakud (lihaskiud) koondunud mitmesugust kuju omavaiks lihaseiks (*musculi*).

Lihas vajab kokkutõmbeks (tõmbluseks) e. kontraktsiooniks närvierutust. Ühestainsast närvierutuse tõukest põhjustatud lihase kokkutõmme koosneb kolmest faasist: 1. latentsi- e. peiteajast, s. o.

ajast närvierutuse saabumisest lihasesse kuni selle kokkutõmbe alguseni, 2. kontraktsioonifaasist e. kokkutõmbeastmest (sõna kitsamas mõttes) ja 3. ekspansiooni-(dilatatsiooni-)faasist e. lõtvumisastmest.

Lihase kokku tõmbudes ei muutu ta maht, küll aga kuju: ta läheb lühemaks. Lihase lühenemisel lähendatakse üksteisele need osad, millele lihas on kinnitatud. Võruja (ringja) lihase kokkutõmbel aheneb sellest piiratud ruum.

Lihase kokkutõmbe kiirus võib olla erinev eri rühmadesse kuuluvail loomil, samuti ka sama looma eri lihaseil (suur vööt-, väike silelihaseil).

Talitluse laadilt võib lihased liigitada rütmiliselt, tetaaniliselt ja tooniliselt toimivaiks lihaseiks.

Rütmiliselt talitlev lihas vastab närvierutusele (või muule ärritusele) korrapäraste kokkutõmmete reaga. Rütmiliselt töötavad näiteks südamelihas ja meduusi kummikulihas.

Tetaaniliselt töötav lihas vastab igale närvilt saabuvale erutustõukele üheainsa kokkutõmbega. Et aga närvi erutustõuked järgnevad üksteisele kiiresti (sekundis 50—70 tõuget), siis ei jõua lihas veel lõtvuda eelnevast tõukest tekkinud kokkutõmbest, kui teda tabab uuest tõukest põhjustatud kokkutõmme. Sellisest kiiresti üksteisele järgnevate kokkutõmmete liitumisest (summatsioonist) tekib pidev (kestev) lihase kokkutõmme, nn. teetanus e. kangestuskramp (e. tetaaniline kontraktsioon). Tetaanilise kokkutõmbe seisundis püsib lihas seni, kuni teda erutab närv.

Väliselt ilmselt muutumatus, tetaaniliselt kokkutõmbunud lihases toimub tõhus rütmiline tegevus, mida saadavad elektrivoolud (nn. aktsiooni- e. tegevusvool), temperatuuri tõus, eriline heli, nn. musklitoon (mida võib kuulda stetoskoobiga) ja väsimus.

Tetaaniliselt töötavad eeskätt tahtele alluvad vöötlihased (tailiha).

T o o n i l i s e l t talitlevad lihased võivad pikemat aega ilma väsimata püsida kokkutõmbe- (lühendunud) seisundis. Tooniliselt toimivad eeskätt silelihased. Toonilises olekus ei soorita lihas tõhusat tööd ning ta ainevahetus ja elektripingus on nõrk. Tooniline seisund esineb otsekui lihase puhkuse-, tasakaalu-olekuna. Ses seisundis võib lihas tugevat tõmmet välja kannatada, ilma et välja veniks. Tooniliselt talitlevad näiteks karpide (limuste) lukutaja-lihased ja veresoonte silelihased.

Lihase tooniline seisund tekib sel teel, et kogu lihases ainult üksikud rakud (kiud) tetaniseeruvad. Et toonusseisundis olev lihas ei väsi, seletub vist sellega, et üksikud ta kiud vaheldumisi teetanusolekusse satuvad.

Karpide lukutaja-lihas sisaldab peale tooniliselt talitleva osa ka tetaaniliselt töötavat. Tetaaniliselt töötava osa erutusel sulgub karp kiiresti, kuna ta toonilise osa talitlusel pikemaks ajaks suletuks jääb.

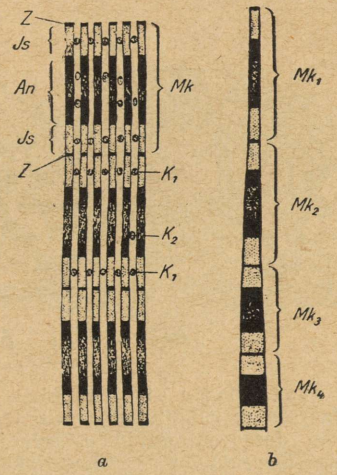
Peale silelihaste võivad ka vöötlihased talitella tooniliselt (s. o. ilmselt jõukuluta ja väsimata). Vöötlihaste tooniline seisund põhjustab näiteks selgroogseil ja lülijalgseil nn. k a t a l e p t i l i s t e. k a n g u n u d seisundit, mil loom ei saa lihaseid aktiivselt liigutada ja millises seisundis ta võib püsida pikemat aega.

Lihaste tetaanilist ja toonilist talitlusviisi seletatakse kahel viisil. Ühed oletavad, et lihasraku müofibrillide kokkutõmme põhjustab tetaanilist, müofibrillide vahel olev sarkoplasma (lihasraku eristumata tsütoplasma) vastav talitlus aga toonilist kokkutõmmet. Teise oletuse kohaselt sisaldab lihasrakk kahte liiki kiukesi (müofibrille), millest ühed talitlevad tetaaniliselt, teised tooniliselt.

J õ u a l l i k a k s töötavale lihasele on g l ü k o g e e n e. l o o m a l i n e t ä r k l i s. Töötavas lihases toimub nn. a n o k s ü b i o o t n e (s. o. hapnikuta), vee sidestumisega seotud käärimislaadne glükogeeni muutumine p i i m h a p p e k s. Sellest piimhappest oksüdeerub (hapendub) ¼ osa lihase puhkusel (CO_2-ks ja H_2O-ks).

Oksüdatsioonist („põlemisest") tekkiva energia kulul muutub ülejäänud $^3/_4$ osa piimhappest uuesti glükogeeniks.

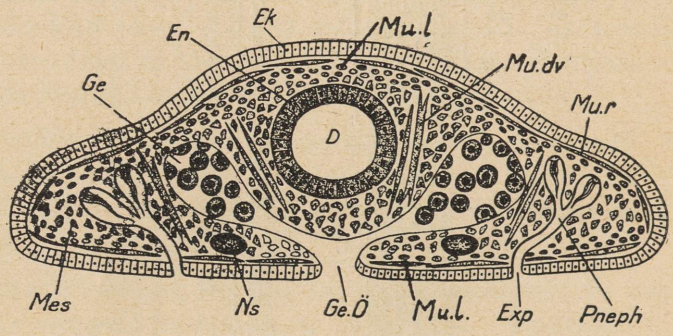
Töömehhanismilt tuleb pidada lihast kemodünaamiliseks masinaks, mis vastandina kemotermilisele masinale (kus keemiline jõud muudetakse soojusjõuks ja soojusjõud mehaaniliseks — liikumisenergiaks) potentsiaalse keemilise energia muudab vahetult kineetiliseks mehaaniliseks energiaks.



Joon. 64. Ristivöödiliste müofibrillide e. lihaskiukeste skeem. a — lühenemata (lõdvas) seisundis; b — ülalt alla suurenevas kokkutõmbe- e. kontraktsiooniseisundis; Is — isotroopne e. samaselt murdev ollus; As — anisotroopne e. erimurdev ollus; Z — Krause ristjoon; K1 — müofibrillide isotroopsete väljakute vahel asetsevad terad; K2 — müofibrillide anisotroopsete väljakute vahel olevad terad; esimesed esinevad korrapärasemalt kui viimased; Mk, Mk1 — Mk4 — müokommid e. lihaselemendid.

Mikroskoobilisist muutusist tõmblevas vöötlihasrakus paistab silma anisotroopsete väljakute lühenemine, samuti ka nende kaksikmurdvuse vähenemine. Viimase nähtuse põhjuseks tuleb pidada kas anisotroopseid väljakuid koostavate kepjate mitsellide (e. submikroonide) tavalise rööbitise seisundi häiret või mitsellide kuju või murdumisnäitaja muutust või koguni mitsellidevahelise (intermitsellaarse) aine muutust (joon. 64).

Hüpoteesidest lihaskiukeste kokkutõmbe seletuseks on tähtsamad pundumisteooria ja pinnapinguseteooria. Mõlemad teooriad peavad lihaskiukeste kokkutõmbe vahetuks põhjuseks anisotroopset osa koostavate submikroonide (mitsellide) pikliku kuju muutust ümmarikuks. See submikroonide kujumuutus aga toimub kas nende pundumisel või pinnapinguse muutusel. Pundumise või pinnapinguse muutuse põhjuseks aga peetakse lihasrakkudes tekkivat piimhapet.



Joon. 65. Lameussi ristilõigu skeem. Ek — ektodermne nahaepiteel; Mu. r — tsirkulaarsed e. ringlihased; Mu. l — longitudinaalsed e. pikilihased; Mu. dv — dorsoventraalsed e. selja-kõhu-lihased; Ns — närviväät; Mes — muskelparenhüüm e. lihastülbkude; Pneph — protonefriid e. umbtoruneer; Exp — ekskretsioonipoor e. eritusurve; Ge — sugunääre sugurakkudega; Ge. ö — suguurve (-pilu, -poor); En — seedekulgla entoderm; D — seedekulgla.

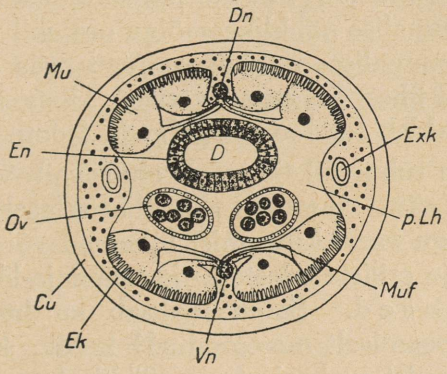
Lihaskonna põhitüübid. Hulkrakseil loomil esineb lihaskonnal või selle tähtsamail osadel kolm põhitüüpi. Need on muskelparenhüüm, õõneslihaskond, skeletilihaskond.

Muskelparenhüümi e. lihastülbkoe tüüpi lihaskond koosneb piki-, risti-, püsti- ja muis suunis kulgevaist lihasrakkude kimpudest. Sellise lihaskonna varal võib loom või ka ta osad sooritada mitmesuguseid liigutusi: pikeneda, lüheneda, aheneda, kõverduda, lameneda jne.

Muskelparenhüümset tüüpi on näiteks lihaskond rips-,

imi- ja paelussilisil, kaanidel, limuste jalg, imetajate keel (joon. 65).

Mõnedel sesse lihaskonnatüüpi kuuluvail loomil leiame erilisi, rõngaslihaseid sisaldavaid osi, nn. iminappasid e. imikettaid. Iminapad etendavad tähtsat osa looma kinnihoiul aluspinnast (näit. imiussilisil) või kulgemisel (näit. kaanidel). Kaanil näiteks asetseb üks iminapp keha eesotsas ja ümbritseb suud, kuna teine on keha tagaotsas. Kulgemisel imetakse tagumine iminapp aluspinnale ja siru-



Joon. 66. Ümmarussi ristilõigu skeem. Cu — kutiikula e. koorend (koorkest); Ek — hüpodermisena e. emapinnasena esinev ektoderm e. välisleht; Mu — epiteellihasrakk; Muf — epiteellihasraku jätke, mis on ühendatud pikinärviväädiga; Dn — selgmine närviväät; Vn — kõhtmine närviväät; D — sooltoru; En — entoderm e. siseleht; Exk — ekskretsiooni- e. erituskanal; pLh — esmane e. primaarne kehaõõnis; Ov — munasari e. ovaar.

tatakse keha õieli ettepoole. Siis kinnitatakse ka eesmine iminapp aluspinnale, kistakse lahti tagumine napp ning sirutatakse see eesmise napa juurde ja imetakse kinni. Nüüd võetakse eesmine napp jälle lahti, keha sirutatakse uuesti õieli ettepoole ja nii liigub kaan nagu vaksiklase (liblikaliik) röövik kaunis kiiresti edasi (joon. 156).

Õõneslihaskonda leiame juba hüdral. Siin koosneb see kahest lihaslestast (-lamellist), millest välimine on ektodermsete epiteellihasrakkude pikisuunalisist lihasjätkeist, seesmine — entodermsete epiteellihasrakkude ristipidiseist lihasjätkeist (joon. 24).

Paljudel ussidel (kidakärsseil, ümmar-, kärss- ja rõngussidel), meripuradel okasnahkseist, lukisussil neelhingseist jne. esineb lihaskond ühes nahaga avara, sisikondi ja muid elundeid sisaldava pika kotina, nn. nahklihasmõiguna (joon. 66 ja 55 A, Hmu).

Ühtedel (näit. ümmarussidel) asetsevad kõik nahklihasmõigu lihasrakud pikisuunas. Sellised loomad liiguvad nahklihasmõigu vastaspoolsete seinte vahelduvail tõmblusil loogeldes (joon. 66). Teistel (näit. vihmussil) koosneb nahklihasmõik nii risti- kui ka pikisuunaliste lihasrakkude kihist. Pikisuunalise nahklihasmõigu osa abil võib loom loogelda. Ristisuunalises nahklihasmõigu osas aga kulgevad tõmbluslained ühest kehaotsast teise. Ühes looklemisliigutustega võimaldab see loomal kulgeda (joon. 55 A).

Pinnases tuhnivail ja vees elutsevail väheharjaselisil rõngussidel (näit. vihmussil, haakharjaslasel) hõlbustavad nahklihasmõigu varal kulgemist lühemad või pikemad, nahaga seotud ja eriliste edestaja- ja taandaja-lihastega varustatud harjased. Sama maksab ka hulgaharjaseliste rõngusside (peamiselt mereloomad) kohta, kelle kehasegmentide külgedel on harjaste ja väädikutega jätked — parapoodid e. jäsendid (joon. 55).

Piki- ja ristisuunalisest lihaskihist nahklihasmõigu taolise arendina esinevad ka seedekulgla ja kokkutõmbuvad osad veresoonestust. Tõmbluslaine sooltoru ringlihaskihis kulgeb päraku suunas. Sellest põhjustatud sooltoru liikumine kannab peristaltika e. rudivoole nime.

Õõneslihase tüüpi moodustisena esineb ka süda.

Nii südame tuksumine ja veresoonte koondumine kui ka soolte peristaltika esineb transjektoorse liikumisena, nihutades edasi antud elundeis sisalduvaid aineid (verd, toitu).

Lühikese ja laia nahklihasmõiguna esineb ka meduusi kummikulihastik. Selle ringja osa kokkutõmbel surutakse vesi kummikualusest (subumbrellaarsest) ruumist välja ja loom nihkub nn. balistilise vastutõuke mõjul edasi. Seega on meduusi liikumised samaaegselt nii lokomotoorsed

kui ka transjektoorsed. Meduusi kombel kulgeb ka seepia (tindikala), surudes erilise ava (lehtri) kaudu vett välja õõneslihasega ümbritsetud mantliõõnest.

Skeletilihaskonda leiame lülijalgseil, okasnahkseil ja keelikloomil — eeskätt selgroogseil. Lokomotoorne osa lihaskonnast on siin eristunud vöödilisist lihasrakkudest koosnevaiks üksiklihaseiks.

Kujult jagunevad lihased piklikümmaraiks, lühikesiks ja laiadeks e. lapikuiks. Üks lihase ühendusest toesega (skeletiga) kannab ürge e. algusosa, teine insertsiooni e. kinnistuse nime. Üldiselt asetseb ürje, võrreldes kinnistusega, kehatelje-poolsemalt. Lihase ürjeosa kutsutakse lihasepeaks, kinnistusosa lihasesabaks, keskosa lihasekõhuks. Mõnedel loomadel võivad esineda kahe-, kolme- ja neljapealised lihased.

Talitluselt jagunevad lihased fleksoriteks e. painutajaiks, ekstensoriteks e. sirutajaiks, abduktoriteks e. eemaldajaiks, adduktoriteks e. lähendajaiks, protraktoriteks e. edestajaiks, retraktoriteks e. taandureiks ja sfinkteriteks e. sulgureiks.

Lihased, mis töötavad samas suunas, on sünergistid e. kaastoimlased. Antagonistid e. vastastoimlased on lihased, mis töötavad vastandsuunas.

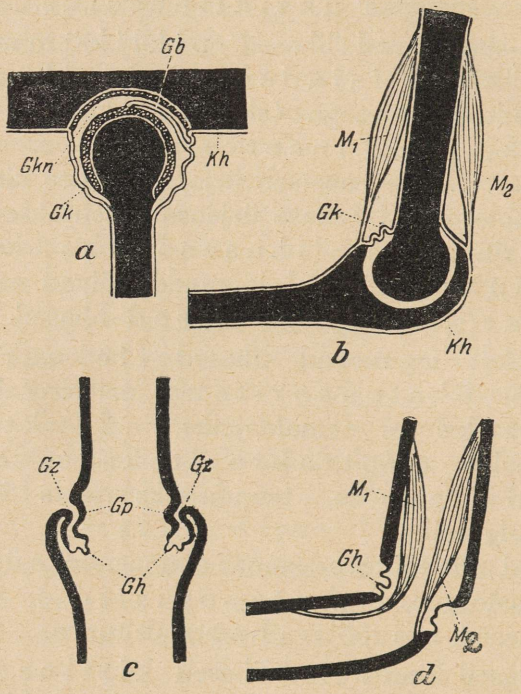
Lülijalgseil kinnistuvad lihased kitiinsete kõõluste varal välistoesele, milleks on kitiinrõngaist ja -torudest koosnevad osad. Et kõvu kitiinseid skeletiosi seob pehme nahk, võivad nad neile kinnistatud lihaste kokkutõmbel üksteise suhtes liikuda (joon. 67, c, d).

Okasnahkseil ja selgroogseil kinnistuvad lihased sidekoest kõõluste varal sisetoese osadele, neid üksteisele lähendades või üksteisest eemaldades. Siin esinevad skeletiosad hoovadena ja lihaste kokkutõmbed neid liigutavate tungidena.

Tüsilisiks hoovasüsteemideks on ka lülijalgsete ja selgroogsete jäsemed e. ekstremiteedid. Need

koosnevad üksteisega liigestatud osadest ja on liigeste varal ühendatud kerega.

Lülijalgsete jäsemeliigesed on tavaliselt liigend- e. šarniirliigesed, mil pöörlemine toimub üheainsa telje ümber ikka samas tasapinnas. Et aga jäsemel on mitu lüli ja seega mitu liigest, millest igaühel on tavaliselt erinev



Joon. 67. Selgroogse ja lülijalgse liigeste skeemid. a — selgroogse liigese üldskeem; b — küünarpealiiges; c. d — lülijalgse liigesed; Gk — liigeskihn; Gkn — liigeskõhr; Gb — liigesside; Kh — luuümbris; M1 — fleksor e. painutaja-lihas; M2 — ekstensor e. sirutaja-lihas; Gz — liigesmõigas; Gp — liigesnõgu; Gh — liigesnahk.

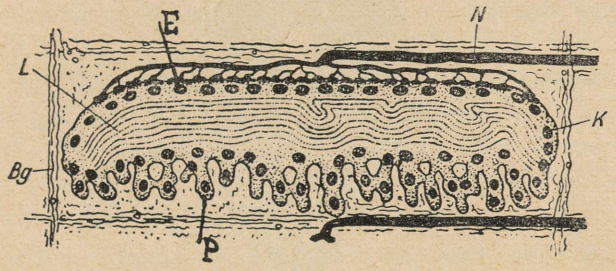
pöörlemistelg, on jäsemete liikumised võrdlemisi mitmekesised.

Selgroogsete jäsemeil leiame niihästi ühe kui ka kahe ja mitme pöörlemisteljega liigeseid. Liigest moodustavaist luuotsist on ühed tavaliselt nõgusad, moodustades liigesnapad, teised neile vastavalt kummis, kujundades lii-

g·e s p ä h i k u d. Mõlemad on kaetud k l a a s k õ h r e g a ning libestatud neid ümbritsevais l i i g e s k i h n u d e s sisalduva l i i g e s v õ i d e g a. Peale liigeskihnu ümbritsevad liigest luuotsi ühendavad s i d e m e d (ligamendid) ja lihased (joon. 67, a ja b).

Liigeseid skeletiosade vahel leiame ka meri- ja madutähtede kiirharudel ning merisiilikuil nahaokaste ja nahakilbiste e. toesliistakute vahel (joon. 138, Skp, St).

Nii lülijalgsete kui ka selgroogsete j ä s e m e d osutavad ehituselt ja talitluselt suurt m i t m e k e s i s u s t. Ühed neist on kohased k õ n d i m i s e k s, j o o k s m i s e k s ja h ü p p a m i s e k s kindlal aluspinnal, teised



Joon. 68. R a i l a s e (*Raja*) e l e k t r i l i i s t a k u s k e e m r i s t i l õ i g u s. L — elektriliistaku keskosa; E — elektrirakkude kiht; P — näsa tuumaga; K — tuum; Bg — elektriliistaku sidekoeline kihn; N — närv.

u u r i s t a m i s e k s pinnases, mõned jälle u j u m i s e k s, h a a k u m i s e k s või h a a r a m i s e k s ronimisel ja selgroogseil isegi õhus liuglemiseks ja l e n d a m i s e k s.

Lihaskonnaga sugulased on elektrielundid.

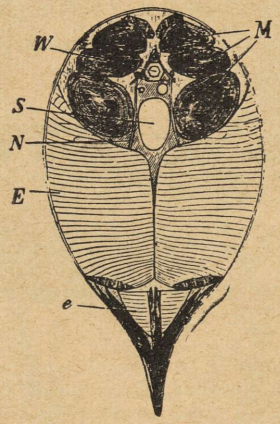
Elektrielundid soetavad elektrienergiat ja iseloomustavad e l e k t e r k a l u, nagu on e l e k t e r a n g e r j a s, e l e k t e r r a i l a n e, e l e k t e r s ä g a jne.

Selgrootuist on kirjeldatud elektrielundeid r ö ö v n ä l k j a l (*Daudebardia*).

Elektrielundid koosnevad suurest arvust üksteise kõrval asetsevaist e l e k t r i l i i s t a k u i s t. Iga elektriliistakut ümbritseb tihe veresooni ja närve sisaldav sidekoest k i h n. Liistak ise esineb tarteljast ainest arendina, milles mõnikord sisalduvad ristivöödilised kiukesed.

See elektriliistaku külg, kustkaudu temasse suubuvad veresooned, on eristunud hulgaks rakutuumi sisaldavaiks protoplasmanäsadeks. Viimased suunduvad elektriliistaku ja seda ümbritseva kihnu vahel olevasse elektrisidekoesse.

Teist, tavaliselt tasast elektriliistaku külge katavad nn. elektrirakud. Siitkaudu varustub elektriliistak närviga ja see liistakupool omab talitlusel negatiivset elektripinget. Elekterangerjal tõuseb see pinge pisut üle 800 voldi, teistel on see vähem (joon. 68).



Joon. 69. Ristilõik elekterangerja sabast. W — selgroolüli; M — kerelihased; S — ujupõis; N — elektrielundit varustav närv; E — ülemine, e — alumine elektrielund. Kogu elektrielund koosneb siin 4 tulbast, millest igaühes on ligi 6000 elektriliistakut. Liistakud on ristisuunas pikad ja lapiti küljega vaataja poole suunatud.

Elektrielundid on tekkinud muutunud vöötlihaseist peale elektersäga, kel need esinevad muundunud nahanäärmetena.

Ühtedel elekterkaladest asetsevad elektrielundid lõpuste piirkonnas (elekterrail), teistel sabas (elekterangerjal), või katavad mantlina keret (elektersägal).

Elektriliistakud asetsevad nagu rahad rullis lapiti üksteise peal, moodustades tulpasid. Ühtedes elektrielundeist (näit. elekterrail) kulgevad tulbad selja-kõhu suunas, teistel (näit. elekterangerjal) aga pea-saba suunas (joon. 69).

Meele-elundkond. Meele-elundid muudavad välismaailmast või looma enese kehast saadud ärritused erutusiks, mis närvide kaudu juhitakse närvikeskmeisse (näit. selgroogseil selja- ja peaajju).

Inimesel on meele-elundid vahetalitajaiks füüsilise ja psüühilise maailma vahel.

Ärrituse tugevuse ja sellele vastava erutusjõususe vahel valitsevad kindlad suurusesuhted.

Ärrituse miinimum e. alammäär, mis on vajalik seks, et erutus üldse tekiks, kannab ärritusläve nimetust. On ärrituse tugevus kasvanud teatava kõrgpunktini, nn. ärrituse maksimumini e. ülemmäärani, ei kasva erutus enam, ka mitte siis, kui ärrituse tugevus veel suureneb.

Ärritatakse meele-elundit üle ärrituse maksimumi, toimub sageli erutuse kahanemine. See on üleärrituse nähtus. Harilikult põhjustab üleärritus vastava meele-elundi ja sageli ka sellele vastava närvikeskme ajutisi või püsivaid rikkeid. Üleärritus võib tuua ka surma.

Selles vahemikus, kus ärrituse tugevnemisega kasvab ka erutus, maksab meeleriistade (samuti ka ärritatavate algloomade) kohta E. H. Weberi seadus: et saavutada vaevalt märgatavat erutuse (resp. aistingu) juurdekasvu, seks on vaja antud ärrituse tugevust (intensiivsust) suurendada alati sama ta murdosa võrra.

G. T. Fechner andis E. H. Weberi seadusele matemaatilise kuju: $E = c \log Ä$, mis ütleb, et erutuse (resp. aistingu) tõhusus (E) kasvab võrdeliselt ärrituse tugevuse (Ä) kasvamise logaritmiga. Kui ärritus kasvab geomeetrilises progressioonis, kasvav erutus aritmeetilises progressioonis.

Erutuse algust lahutab ärrituse algusest lühike ajavahemik, nn. latentsiaeg e. peiteaeg. Vastavais piirides väheneb see aeg temperatuuri tõusu ja ärrituse tugevuse kasvamisega.

Et erutust esile kutsuda, peab ärritusel olema teatav kestus. Kui ärrituse tugevust asjaomase kiirusega ei

tõsteta, siis ei tõusegi ta üle ärritusläve ega tekita erutust. Kui meeleriista ärritada korduvalt nõrkade, allpool ärritusläve olevate ärritustega ja kui vaheajad ärrituste vahel pole liiga pikad, võivad n õ r g a d ärritused esile kutsuda m a k s i m a a l s e i d erutusi.

Vahemik ärritusläve ja ärrituse maksimumi vahel võib olla väga väike ja isegi puududa. Sel korral tekitab vaevalt ärritusläve ületanud ärritus maksimaalse erutuse. Siin toimub ärritatava süsteemi protoplasmasse talletatud potentsiaalse energia muutus kineetiliseks äkki ja täielikult. Sellist nähtust kutsutakse k õ i k - v õ i - m i t t e - m i d a g i - (*tout ou rien-*) p r i n t s i i b i k s.

Kõik-või-mitte-midagi-reaktsioonile järgneb vahetult nn. r e f r a k t ä ä r s t a a d i u m e. m i t t e v a s t u v õ t l i k a s t e. Selles seisundis pole meele-elund ja sellega seotud närvikese erutatav isegi mitte ärrituse maksimumi puhul.

Ärritatava süsteemi (s. o. meele-elundi ja närvikeskme) refraktäärstaadiumi tuleb pidada v ä s i m u s n ä h t u s e k s. Väsimust üldse võib seletada kahel viisil: 1) erutatud meele-elundis ja vastavas närvikeskmes lõpevad erutuse toimumiseks vajalikud ained; 2) ainevahetuse jäänused, mis tekivad erutusel, kuhjuvad meelenärviaparaati, pärssides selle talitlust.

Niihästi erutuse toimeks, tarvilike ainete hankimiseks kui ka kõlbmata ainete eemaldamiseks vajab ärritatav süsteem aega — p u h k u s t.

Eksogeensed (välistekkesed), s. o. välismaailma füüsilisist või keemilisist ärritajaist põhjustatud erutused kannavad e k s t e r o t s e p t i i v s e t e e. v ä l i s a l g a t u s l i k e, endogeensed (sisetekkesed), kehas eneses tegutsevate ärritajate toimel tekkivad erutused aga p r o p r i o t s e p t i i v s e t e e. o m a a l g a t u s l i k e e r u t u s t e nime. Ekstero- ja propriotseptiivseiks nimetatakse ka ärritusi, mis neid erutusi tekitavad.

V ä l i s a l g a t u s l i k u d ä r r i t u s e d jagunevad: 1) k e e m i l i s i k s, 2) m e h a a n i l i s i k s, 3) os-

mootseiks, 4) termilisiks, 5) elektrilisiks ja 6) footilisiks.

Keemilised ärritused esinevad ümbruskonna keemilise koostise muutusina. Mehaanilisiks ärritusiks on puudutus, tõuge, tõmme, surumine. Osmootseks ärrituseks on looma ümbritseva vee osmootse rõhu muutused. Termilisiks ärritusiks on keskkonna temperatuuri kõikumised. Elektrilisiks ärritusiks on elektrilised mõjustused. Footiliseks ärrituseks on kiirgav energia lainepikkusega 200—800 $\mu\mu$.

Loeteldud ärritusist osutuvad loomade üldisiks normaalseiks elutingimusiks keemilised, mehaanilised, osmootsed ja termilised. Elektrilised mõjud ei esine tavaliselt loomade ärritajaina. Samuti ei mõjusta kõiki loomi ka valguskiired.

Sisealgatuslikud ärritused liigitatakse keemilisiks ja mehaanilisiks. Nende normaalsest mõjust oleneb looma kudede ja elundite kooskõlaline töö.

Ärrituse mõju tagajärjed loomadele võib liigitada primaarseiks, sekundaarseiks ja tertsiaarseiks.

Primaarseks e. esmaseks ärritustoime tulemuseks on ärrituse vastuvõtt e. retseptsioon ja selle muutus erutuseks e. transformatsioon. Amööbil on rakukeha iga osa samal viisil võimeline ärritust vastu võtma. Paljudel viburloomadel on valgusärrituse vastuvõtjaks eriline rakuelund (organell) — silmtäpp e. stigma. Mõnel infusooril kirjeldatakse raskusmeeleelundina talitlevaid vaagpõiekese laadi organelle (vt. lk. 119).

Hulkrakseist toimub ärrituste vastuvõtt tavaliste koerakkude kaudu ainult käsnadel. Kõigil teistel on seks eristunud erilised meele- ja meelenärvirakud. Meele-elundite meele- ja meelenärvirakud on harilikult varustatud asjaomaste tundeliste ainete ja seadistutega. Viimased kannavad retseptoorsete e. vastuvõtvate ja transfor-

matoorsete e. muutvate substantside (olluste) nime ja esinevad kas raku vabal otsal asetsevate karvakestena, kepikestena, kuhikukestena või tsütoplasmas sisalduvate pigmentjate või muude tundeliste ainetena.

Sekundaarseks e. teiseseks ärrituse tagajärjeks on erutuse juhtimine e. konduktsioon meeleelundeist vastavaisse närvikeskmeisse. Nii juurjalgsete kui ka viburloomade kehas puuduvad eriomased erutuslaine kulgemisteed. Amööbi kehas toimub erutuse levimine tsütoplasma ringimise (tsükloosi) suhtes täiesti iseseisvalt. Mõlemad nähtused võivad toimuda isegi vastupidiseis suundades. Amööbi tsütoplasmas levib erutuslaine (neuroküüm) kõigis suundades sama kiirusega. Erutuslaine liikumiskiirus oleneb ärrituse tugevusest ja toimub dekremendiga, s. o. ta levimiskiirus kahaneb vastavalt kaugusele erutuse alguskohast. Infusooride tsütoplasmas esinevad närvifibrillide laadi kiukesed — neurofaanid, mida peetakse erutuse kulglaiks.

Tertsiaarseks e. kolmandaseks ärrituse tagajärjeks on looma kostang sellele e. reaktsioon. Looma reaktsioon ärritusile avaldub kas ringilisis (tsüklilisis) toiminguis, nagu on aine- ja energiavahetus, või mittepöörduvais (irreversiibleis) toiminguis, nagu on vormivahetusega seotud kasvamis-, sigimis- ja arenemisnähtused (isendi ja liigi arenemine).

Looma reaktsioon ärritusile sõltub ärrituse liigist ja tõhususest ning looma enese füsioloogilisest seisundist. Viimane omasoodu oleneb looma arenemisastmest ja ainevahetuse tõhususest. Inimesel ja real kõrgemail loomil oleneb ärritusreaktsioon ka hingelisest seisundist.

Ehkki sel või teisel kombel ärritatud loom satub peale ärrituse lõppu tagasi endisesse tasakaaluseisundisse, pole ärrituvus iseenesest mitte täiesti ringiline toime. Kõrgemini arenenud närvisüsteemiga loomadel jätab ärritusest tekkiv erutus närvikeskmeisse alale püsiva jälje — engrammi, mil põhineb mälund (mneme). Need en-

grammid võivad iseseisvalt põhjustada vastavaid reaktsioone või muutvalt mõjuda ärritusist esilekutsutud reaktsioonidele.

Meele-elundid koosnevad sensoorseist e. meelerakkudest, millele enamasti seltsivad veel mitmesugused lisaarendid. Sageli on meelerakud meele-elundeil epiteeljaks koeks ühinenud, mis siis neuroe. meele-epiteeli nime kannab.

Meele-elundite töö üle otsustame aistingute ja tajude järgi, mida meeleriistadelt saadud erutus peaaju vastavais närvikeskmeis tekitab. Loomade meeleaistingute liigi üle aga võime otsustada ainult kaudselt — kas antud meele-elundi ehituse või looma käitumise (*behaviour*) alusel, kui looma uuritavat meele-elundit katse teel ärritame.

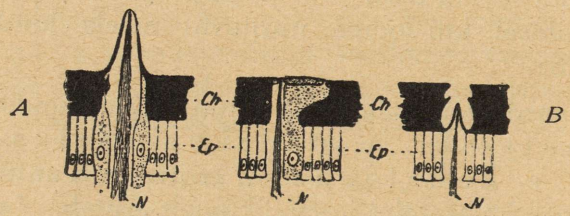
Ärritused võib liigitada antud meele-elundite suhtes adekvaatseiks ja inadekvaatseiks. Adekvaatne e. kohaldane on ärritus, mis antud meele-elundit kõige hõlpsamini ja täielikumalt erutab. Inadekvaatne e. mittekohaldane ärritus ei erutagi antud meele-elundit, või tekitab tas kvalitatiivselt (omaduseliselt) sama laadi erutuse kui adekvaatnegi. Silma adekvaatseks ärritajaks on näiteks kiirgav energia, kuid valgusaisting tekib ka siis, kui silma võrkkesta ärritatakse mehaaniliselt või keemiliselt, s. o. inadekvaatsete ärritajatega.

Selles tõsiasjas, et inadekvaatsed ärritused antud meele-elundi kaudu vastavas närvikeskmes samasuguseid eriomaseid aistinguid esile kutsuvad nagu adekvaatsedki, seisnebki Johannes Mülleri spetsiifiliste meeleenergiate e. eriomaste meelejõudude seadus.

Adekvaatse ärrituse modaliteedi e. laadi alusel jagunevad meeleriistad keemilisiks, mehaanilisiks, temperatuuri- ja valgusemeele-elundeiks.

Iga üksiku ärritusmodaliteedi piirkonnas esinevad veel mitmesugused ärrituskvaliteedid (näit. kiirgava energia erinevad lainepikkused). Inimene tajub neist ärrituskvaliteetidest põhjustatud erutusi kui antud aistingumodaliteedi (näit. valguse) mitmesuguseid aistingukvaliteete (näit. mitmesuguseid värvitoone).

Valumeele kohta lähevad uurijate vaated lahku. Ühed (v. Frey) peavad seda samasuguseks iseseisvaks meeleks, nagu nägemis-, kuulmis- ja muud meeled. Teised ei omista valule iseseisvat meelt, pidades seda teiste meeleaistingute tõhusaks negatiivseks tundetooniks. Iseseisva valumeele pooldajad kirjeldavad inimese nahal katse teel



Joon. 70. Lõiked putukate tundlail e. antennidel olevaist haistmiselundeist. A — haistmiskuhik; B — augukuhik, s. o. kutiikula e. koorendi augus olev haistmiskuhik; A ja B vahel on urbeplaat; Ep — epidermis; Ch — kitiin; N — närv.

avastatud valutäppe, mida seal esineb tihedamalt kui surumismeele-täppe. Ka rõhutavad nad seda, et seljaajus on valuerutusel teised kulglad (vt. närvisüsteem) kui kompimiserutusil. Nad oletavad, et inimese nahas on valuärrituste vastuvõtjaiks epidermise Malpighi kihis olevad vabad närvilõpud. Adekvaatseks ärritajaks neile valuerutust vastuvõtjaile peetakse keemilisi muutusi, mis tekivad epidermises, kui seda tabavad tugevad termilised, keemilised või elektrilised ärritused. Rõhutatakse valumeele tihedat seost närvisüsteemi vegetatiivsete osadega (vt. närvisüsteem), sest viimaste ja valumeele-närvide vahel leitakse talitluslikku sarnasust.

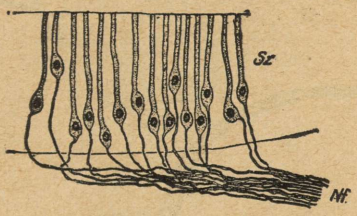
Peale naha on inimesel iseäranis valutundelised luu-

ümbris (periost), suured veresooned, rinna- ja kõhukelme seinapidine osa ning ajukestad.

Vähetundelised valu suhtes on lihased ja neid katvad sidekirmed (fastsiad). Eriti huvitav on, et suurajukoore vahetu ärritus ei tekita valutundeid.

Kõrgemate loomade, eriti imetajate ja lindude käitumisest valuliste ärrituste puhul tuleb oletada, et ka nemad valu tunnevad.

Keemiliste meele-elundite e. kemoretseptorite adekvaatseks ärritajaks on mitmesugused keemilised ained, kas vedelad või gaasilised. Alamail veeloomil esinevad keemilised meele-elundid hajusalt kogu keha nahas levi-



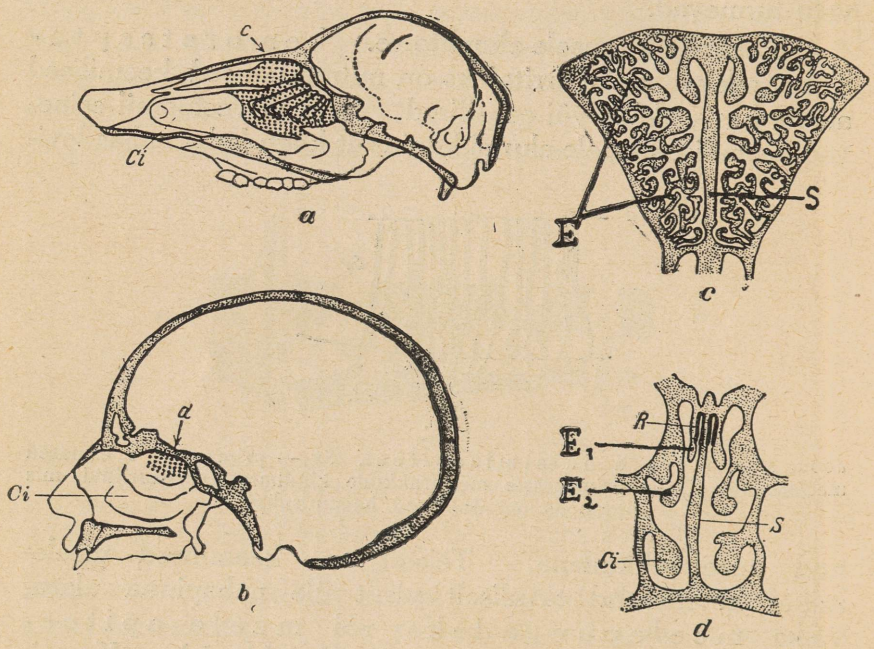
Joon. 71. Imetaja haistmisepiteel. Sz — primaarsed e. esmased meelerakud; Nf — primaarsete meelerakkude kiudharud e. neuriidid, mis üheskoos moodustavad haistmisnärvi.

nud meelerakkudena. Teistel on keemilised meelerakud koondunud tavaliselt pisut üle nahapinna ulatuvaiks meelepungadeks või meele-epiteeliga (neuroepiteeliga) vooderdatud lohkudeks. Keemiliste meele-elundite hulka kuuluvad näiteks meritähtede kiirharude tipul olevad jätked, tigude haistel e. osfraadium, peajalgsete limuste haistmisaugukesed, vähkide esimene tundlapaar või jala käpp.

Paljudel loomadel (näit. putukail ja selgroogseil) on keemilised elundid eristunud haistmis- ja maitsmiselundeiks.

Haistmiselundid. Haistmiselundite abil leiab loom toitu ja sugupoolt ning hoidub hädaohust. Hästi arenenud haistmiselundeid leiame putukail. Isaliblikad näiteks leia-

vad haistmismeele abil emaliblikaid, kes neist on kilomeetreid eemal. Haistmiselundid esinevad putukail meelerakkudest koosnevate haistmispungadena ja asetsevad eeskätt tundlate (antennide) nahas. Muidu paks naha kutiikula (koorkest) on haistmispungade kohal õhuke, moodustades nn. urbeplaate või haistmiskuhikuid (joon. 70).

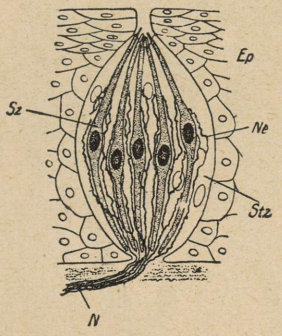


Joon. 72. Teravhaistleva ja nürihaistleva imetaja haistmiselundite võrdlus. a — metskitse, b — inimese pea pikilõigu skeem; nina vahesein on eemaldatud, et paistaks ninaõõne välissein; haistmisepiteeli piirkond — c ja d — on täpitud; c — lauplõik metskitse ja d — inimese ninaõõnest; S — nina vahesein; Ci — ülalõuakõrge; E, E_1, E_2 — sõelluukõrkmed; metskitse ninaõõnes on palju sõelluukõrkmeid (E) ja kõik need on kaetud haistmisepiteeliga; inimese ninaõõne kummaski pooles on tavaliselt ainult kaks sõelluukõrget ning ainult ülemine neist on osalt haistmisepiteeliga kaetud. Mõlemas nina lauplõigus on haistmisepiteeli piirkond paksu musta joonega märgitud.

Selgroogseil on haistmiselundiks vastav ninaõõne-osa, mida vooderdab primaarseist meelerakkudest haistmisepiteel (joon. 71) (luukaladel ja amfiibidel on, nagu pu-

tukailgi, haistmispungad). Kaladel ja vees elavail kahepaikseil ärritavad haistmiselundeid vees lahustatud ained. Et neljajalgseil selgroogseil hingamisõhk voolab läbi ninaõõne, on nende haistmiselund ka hingamisõhu kontrollijaks.

Neljajalgseist on haistmismeel kõige paremini arenenud imetajail. Eriti terav on haistmisvõime makrosmaatseil e. teravhaistlevail (näit. röövloomil), nõrgem mikrosmaatseil e. nürihaistlevail (ahvid, inimene), kuna anosmaatsed e. mittehaistlevad (näit. vaalalised) ei haistle üldse. Teravhaistlevail imetajail leiame ninaõõne haistleval osal



Joon. 73. Imetaja maitsmispung. Ep — suuõõne limaskesta epiteel e. marrasknahk; Sz — sekundaarsed e. teisesed meelerakud; Stz — toeserakud; Ne — närvilõpp; N — maitsmisnärvi haru.

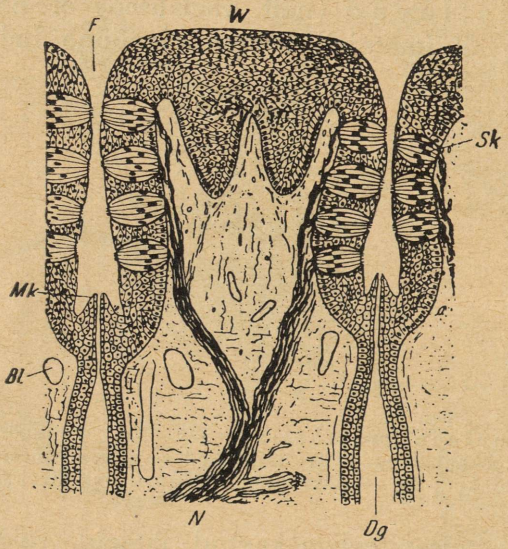
rohkesti haistmisepiteeliga kaetud jätkeid, mida toetavad erilised skeletiosad — sõelluukõrkmed. Mikrosmaatseil ahvidel ja inimesel on kõrkmeid nina haistlevas osas ainult kaks ja needki on vaid osalt haistmisepiteeliga kaetud (joon. 72).

Maitsmiselundid. Selgroogsete maitsmiselundeiks on maitsmisrakkudest ja neid toetavaist tugirakkudest maitsmispungad (joon. 73). Maitsmisrakud on sekundaarsed meelerakud ja vabad otsad on neil varustatud eriliste maitsmiskarvakestega. Kaladel leiame maitsmispungi niihästi suu piirkonnas kui ka kogu keha nahas, neljajalgseil aga ainult suuõõnes. Imetajail asetseb suurem osa maitsmispungadest keele seen-

jail, vallis- ja lehtnäsadel (*papillae fungiformes, p. vallatae, p. foliatae*) (joon. 74).

Katsed lubavad oletada, et ka kalad ja kahepaiksed võivad vahet teha nelja maitsmisaistingu kvaliteedi — magusa, soolase, hapu ja kibeda vahel.

Paljudel neljajalgseist eristub üks osa ninaõõne-pooltest haistmisepiteeliga varustatud Jacobsoni elundiks. Ühtedel (kahepaikseil) püsib see elund ühestuses



Joon. 74. Ristilõik kodujänese keele küljel olevaist lehtnäsadest (*papillae foliatae*). Sk — maitsmispung; N — maitsmispunga varustav närv; W — lehtnäsa; F — naaber-lehtnäsasid eraldav vagu; Dg — näärmejuha; Mk — kuhik, millel suubub näärmejuha.

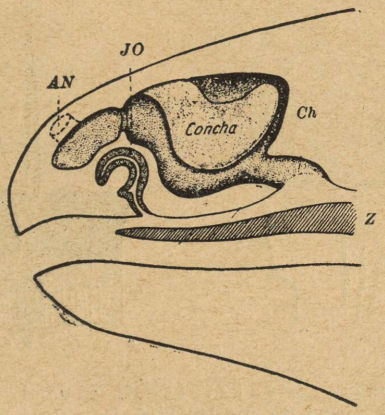
ninaõõnega, teistel (enamikul roomajaist) suuõõnega või mõlematega (enamikul imetajaist). Inimesel on Jacobsoni elund jädendunud.

Jacobsoni elund võib imeda endasse suust vedelikku ja tajuda selle lõhna. Seega võivad maismaaneljajalgsed nagu kaladki haistelda vesist keskkonda (joon. 75).

Mehaanilised meele-elundid jagunevad

kompimis- (puutumis- ja surumis-), voolu- (e. pöörlemis-), raskus- ja kuulmismeele-elundeiks.

Kompimiselundite abil tajub loom omaenese ja teda ümbritsevate asjade seisundit ruumis, nende agregaatolekut ning pinnaehitust. Inimesel on kompimistajud ühes nägemistajudega aluseks, millest arenevad kujutelmad välismaailma esemeist. Lihastes, kõõlustes ja liigestes peituvate kompimiselundite abil märkab loom oma



Joon.. 75. Pikilõik läbi sisaliku pea eesosa. Lõik läbi pea pisut paremal pool sagitaalselt e. paksuti pinda. JO — Jacobsoni elund; AN — ninasõõre; Concha — ülalõuakõrge; Ch — koaan e. taga-(sise-)sõõre; Z — keel.

kudedes ja elundites toimuvaid propriotseptiivseid ärritusi ning tajub nende kaudu oma jäsemete ja keha suhtelist asendit puhkusel ja liikumisil (kinesteetilised aistingud).

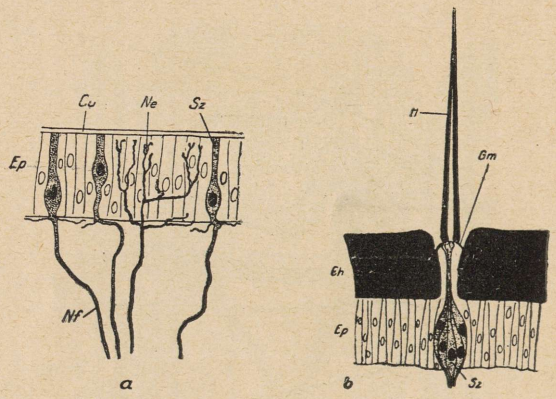
Voolu- e. pöörlemis- ja raskusmeeleelundid toetavad kompimiselundite tööd tasakaalu- ja liikumisseisundite tajumisel.

Kuulmiselundite ärritajaks on õhu- või veeosakeste õõtsumine, millest tekkivaid erutusi me tajume helidena.

Mehaanilised meele-elundid koosnevad kas primaar-

seist või sekundaarseist meelerakkudest ja omavad sageli keerukaid lisaosiseid (näit. kuulmiselund).

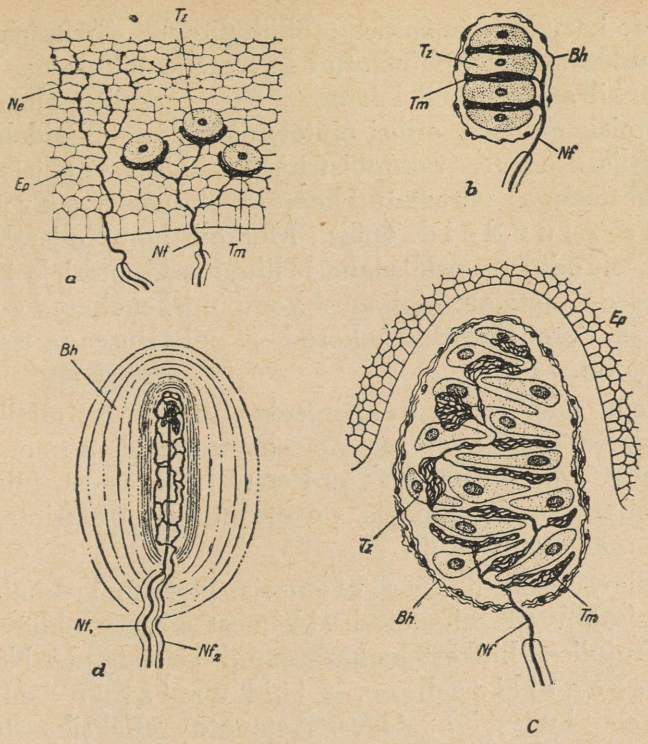
Kompimis- e. taktiilsed elundid e. tango-(puutumis-)retseptorid. Kompimiselundeiks tuleb pidada ainuõõsseil, ussidel, limuseil ja süstikkalal nahas esinevaid primaarseid meelerakke. Viimaste vaba ots on tavaliselt varustatud ärritust vastuvõtva meelekepikesega, kuna vastaspoolne rakuosa siirdub pidevalt närvikiuks (joon. 76, a).



Joon. 76. Kompimis- e. taktiilseid elundeid selgrootuil. a — primaarsed e. esmased meelerakud ja vabad närvilõpud vihmussi epidermises; b — kompimiskarv ja -kehake; Ep — hüpodermis (epidermis) e. emapinnas (pealisnahk); Cu — kutiikula e. koorkest; Ch — kitiin; H — meelekarv; Gm — meelekarva liigeskile; Sz — meelerakud; Ne — vabad närvilõpud; Nf — primaarse e. esmase närviraku kiudharu e. neuriit.

Lülijalgseil leiame nahas primaarseist meelerakkudest kompimiskehakesi, mille ülaotsad paigustuvad kitiinist nahakutiikulat läbivais urbeis. Urvet katab õhuke kitiinmembraan, millega on liigestatud pikk õõnes kitiinharjas e. -karv. Tõukest või rõhust põhjustatud kitiinharjase seisundimuutus mõjub kompimiskehakese piirdepoolsele otsale kui mehaaniline ärritus (joon. 76, b).

Kompimiselunditeks on oletatavasti ka paljudel loomadel nahas ja limaskestades esinevad vabad närvilõpud. Viimased on meelenärvirakkude dendriidid (põõsasharud). Selliseid vabu närvilõppe leiame näiteks imetajate



Joon. 77. Kompimis- e. taktiilseid meele-elundeid selgroogseil (skeemid). a — epidermises e. marrasknahas (Ep) olevad vabad närvilõpud (Ne) ja Merkeli kompimisrakud (Tz); kolm kompimisrakku (Tz) asetsevad kompimismeniskidel (-kettail) (Tm), mis koosnevad närvikiukeste (neurofibrillide) võrgust, milleks hargnevad närvikiu (Nf) harud.

b — Grandri kehake linnul, asetseb alusnahas ja koosneb kahest või mitmest (antud juhul 4) kompimisrakust (Tz), mille vahel on närvikiukeste võrgust kompimiskettad (-meniskid) (Tm); Grandri kehakest ümbritseb sidekoest kest (Bh), mida läbib närvikiud (Nf).

c — Meissneri kompimiskehake, koosneb hulgast kompimisrakkudest (Tz), millele liibuvad närvikiu (Nf) hargnemisest tekkivate närvikiukeste võrgud (Tm); kompimiskehakest ümbritseb tugev sidekoest kest (Bh); esinevad imetajate alusnahas.

d — Vater-Pacini õhik- (lamelloosne) kehake; kehakese välisosa, nn. väliskolb koosneb hulgast üksteist ümbritsevaist sidekoest kestadest (Bh); kehakese siseosa e. sisekolb on ühtlik ning sisaldab närvikiudude Nf_1 ja Nf_2 lõppe; närvikiud Nf_1 läbib sisekolvi ja lõpeb kiukeste võrguna; närvikiud Nf_2 ümbritseb kiukeste võrguna sisekolbi; esinevad kõrgemail selgroogseil nahaaluses (sidekoes), soolekeskmeis, suguelundeis jne. Ep — epidermis; Bh — sidekoest kestad; Tz — kompimisrakud; Tm — närvikiukeste võrgust koosnevad kompimiskettad; Nf, Nf_1, Nf_2 — närvikiud; Ne — vabad närvilõpud.

loomade karvade nääpsudes (folliikulites). Ärritajaks neile on puudutamisest põhjustatud karvatelje liikumine nahas. Kõrgemail selgroogseil leiame nahas (eeskätt alusnahas) ja sisemisis elundeis erilisi epiteelrakkudest või sidekoerakkudest lisaosadega (rakupolstritega, ühiskeskmeliste sidekoest kestadega) varustatud keeruka ehitusega surumismeele-elundeid (näit. Merkeli kompimisrakud ja Eimeri elundid — pealisnahas, lindude Grandri ja Herbsti kehakesed, imetajate Meissneri kompimiskehakesed — alusnahas, ja Vater-Pacini kehakesed — nahaaluses ja siseelundeis) (joon. 77).

Äsja mainitud surumismeele-elundite ärritajaiks on välistegurid, nende erutus on eksterotseptiivne e. välisalgatuslik. Ainult need Vater-Pacini kehakestest, mis asetsevad sügavais siseelundeis, on erutatavad propriotseptiivselt e. omaalgatuslikult.

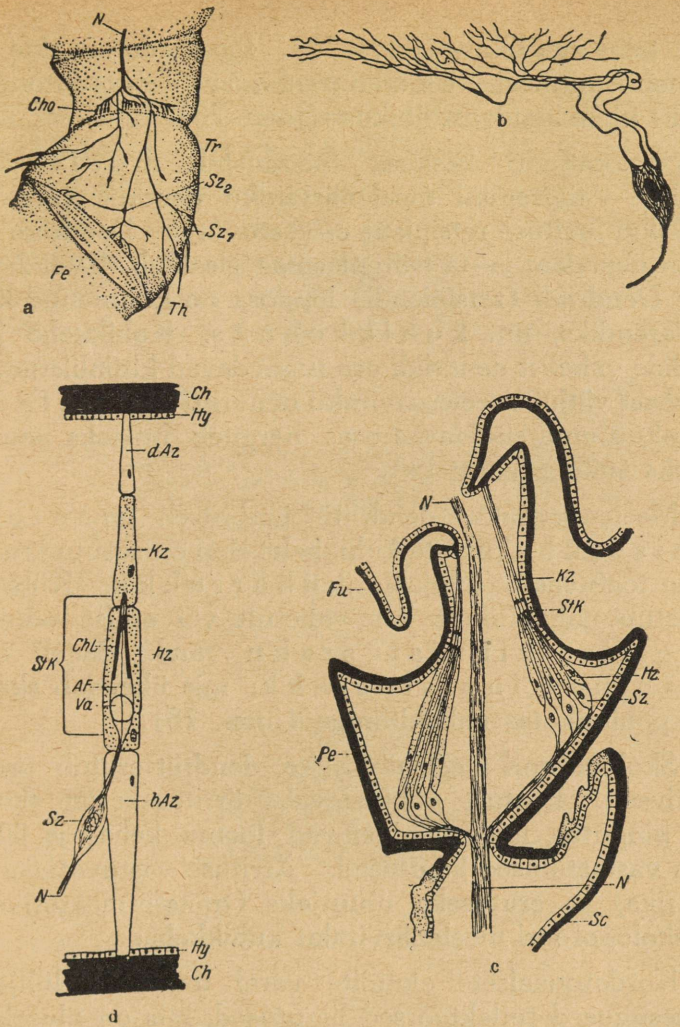
Selgroogsete lihaseis, kõõluseis, liigeseis ja kõõlustuppedes sisalduvad eriomased sidekoest kestaga käävi- või päsmakujulised kiukesteks hargnenud närvilõpud. Need on kinesteetilised e. liikumistundelised meele-elundid. Olles vastavate refleksikaarte (vt. närvisüsteem, refleksikaar) algusosaks, põhjustab nende propriotseptiivne erutus asjaomaste lihaste kokkutõmmet ja nende vastandlaste lõtvumist.

Kinesteetilised meele-elundid etendavad olulist osa selgroogsete lihaste töös niihästi kulgemisel kui ka tasakaaluseisundis. Neid nimetatakse ka muskli- e. jõumeele-elundeiks.

Lülijalgseil vastavad selgroogsete kinesteetilistele meele-elunditele osalt vabad närvilõpud, osalt kordotonaalsed e. keeliku-kuulme-elundid.

Vabad närvilõpud asetsevad pehmes liigesenahas, mis seob paksu kitiiniga kaetud paindumatuid osi (näit. jäsemeja tundlalülisid, kehasegmente jne.).

Kordotonaalsed elundid on nagu kandlekeeled sirutatud antud kehaosa kahe paiga vahele, millest üks on liiku-



Joon. 78. Putukate kinesteetilised e. liikumistundelised meele-elundid. a — kiili vastse kolmanda jala pöörellüli liiges; b — vabade närvilõppudega meelenärvirakk kiili vastse epidermisest; c — pikilõik läbi tundla 2-se lüli kärbsel *Calliphora*'l; d — skolopofoori skeem; AF — telgniit; dAz ja bAz — kaugmine ja lähimine kinnistusrakk; Ch — kitiinkutiikula; Chl — kitiinliistak; Cho — kordotonaalelund; Fe — reis; Fu — 3-as tundlalüli; Hy — hüpodermis e. emapinnas; Hz — mantel- e. mähisrakk; Kz — kübarrakk; N — närv; Pe — 2-ne tundlalüli; Sc — 1-ne tundlalüli; Stk — kuhikkeha; Sz — meelenärvirakk; Sz_1 — meelenärvirakk meelekarvaga; Sz_2 — meelenärvirakk vabade närvilõppudega; Th — kompimiskarvad; Tr — pöörellüli; Va — vakuool.

matu, teine aga liikuv (joon. 78). Iga kordotonaalne elund koosneb mitmest skolopofoori (kordotonaalelemendi) nime kandvast ühikust (joon. 78).

Skolopofoori keskosa moodustab meelenärvirakk — täpsemini meelenärviraku dendriit (e. põõsasharu) kui ärrituse retsipient e. vastuvõtja. Dendriidi keskosa on jämedam ja ta tsütoplasmas sisaldub 1 või 2 vakuooli. Dendriidi (retsipiendi) lõpposa on kujunenud kuhikjaks arendiks, nn. kuhikkehaks. Kuhikkeha ja vakuoolide vahelist dendriidi osa tugevdavad kitiinliistud. Kuhikkehast väljub meelenärviraku dendriiti läbiv telgniit, mis rakutuuma sisaldavas osas hargneb hulgaks neurofibrillideks (närvikiukesteks).

Meelenärviraku dendriiti ümbritseb mantel- e. mähisrakk, kuna ta kuhikkeha tipp on surutud mantelrakule toetuvasse tulpjasse kübarrakku. Kübarrakk kinnistub nahakitiinile kas vahetult või erilise raku, nn. kaugmise kinnistusraku varal. Sageli esineb ka lähine kinnistusrakk, mis ühendab skolopofoori põhimikotsa nahakitiiniga (joon. 78).

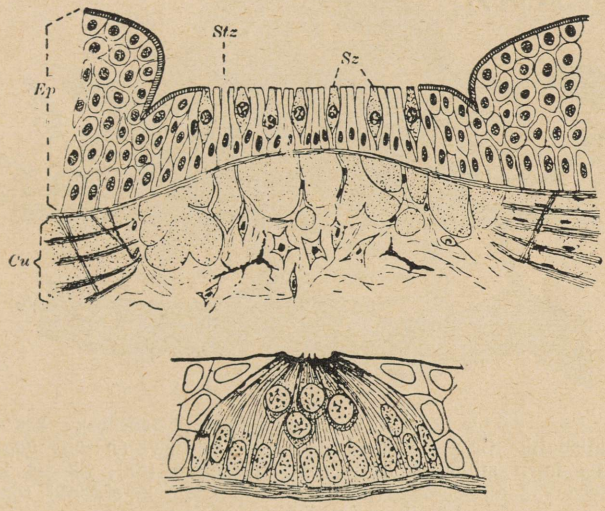
Skolopofoori meelenärviraku dendriit erutub propriotseptiivselt. Erutust põhjustavaks ärrituseks on skolopofoori pingutus, mida põhjustavad looma keha- ja jäsemelülide vastastikused liigutused. Ärrituse vastuvõtjaks (retseptoriks) ja erutuseks muutjaks (transformaatoriks) on vist skolopofoori meelenärviraku kuhikkeha.

Kordotonaalsete elundite varal toimuvad lülijalgseil mitmesugused reflektoorsed liigutused, mis on aluseks niihästi keha tasakaaluseisundile kui ka kulgemistoimele.

Voolu- e. pöörlemis-(rotatsiooni-)elundi ärritajaks on elundit mööda voolav vedelik. Siia kuuluvad kalade, kahepaiksete vastsete ja vesiliste kahepaiksete küljejooneelundid e. neuromastid. Samuti kuuluvad siia selgroogsete sisekõrva (labürindi e. keerustiku) poolringkanalite kuplais (ampullides) olevad kuulmisharjad (*cristae acusticae*).

Küljejoone-elundid e. neuromastid koosnevad kitsa põhimikosaga sekundaarseist meelerakkudest, mille vabal pinnal on ärritust vastuvõtvad meelekepikesed. Meelerakkude vahel asetsevad tugirakud (joon. 79).

Enamikul kaladest paigustuvad neuromastid pea- ja kerekülgede nahas kulgevais ja korrapäraste vahemaade takka urbega kehapinnale suubuvais kanaleis. Kahepaiksete vastseil ja vees elavail kahepaikseil asetsevad neuromastide read vabalt nahapinnal. Neuromastide ärritajaks



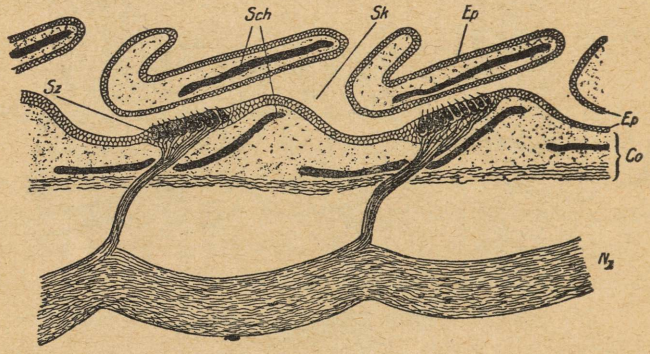
Joon. 79. Küljejoone-elundid e. neuromastid. a — ojasilmal *(Petromyzon planeri)*; b — salamandri vastsel; Ep — epidermis e. pealisnahk; Cu — alusnahk e. kuutis; Stz — tugirakud; Sz — meelerakud.

on veevoolused kala ümbritsevas vees. Mida suurem on voolukiirus, seda tõhusamalt ärrituvad neuromastid. Liigub kala länguti voolusuunale, tabab ta ühel küljel olevaid neuromaste tugevam ärritus kui teisel küljel olevaid. Kõik see võimaldab loomal tajuda voolukiirust ja -suunda ning reguleerida sellekohaselt oma kehaseisundit või liikumiskiirust (joon. 80).

Selgroogseil tekib sisekõrv (labürint e. keerustik) peanaha põisja sissesopistisena. Viimane soonis-

tub kaheks teineteisega ühestuses püsivaks osaks: kuulmemõiguks (*utriculus*) ja kuulmekotikeseks (*sacculus*), mis üheskoos kannavad kuulmeesiku (*vestibulum*) nime. Kuulmemõigul arenevad kolm üksteise suhtes püstloodset ja põhimikosas puhetistega — kupaldega e. ampullidega algavat poolringkanalit.

Alamail selgroogseil (kalad, kahepaiksed) tekib kuulmekotikesel eriline sopp — tiks e. lageena. Kõrgemail selgroogseil areneb tiksi põhimikosast tigu e. kohlea (joon. 81 ja 87).



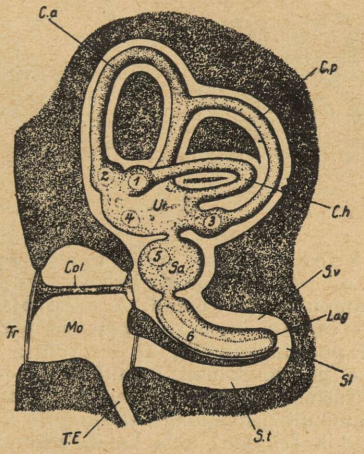
Joon. 80. Pikilõik kala küljejoonest (skeem). Ep — epidermis e. pealisnahk; Co — alusnahk; Nx — uitnärvi *(nervus vagus)* haru, millest kaks haru suundub küljejoone-elundeisse (Sz); Sk — küljekanal, mida vooderdavas epidermises paigustuvad küljejoone-elundid (Sz); Sch — küljekanalist läbitud soomus.

Nii kuulmemõik poolringkanalitega kui ka kuulmekotike tiksiga või tiguga on täidetud vedelikuga, nn. endolümfiga e. kuulme-sisevedelikuga.

Iga ampulli seinal on pikkade kuulmekarvadega varustatud sekundaarseist meelerakkudest koosnev viiluga kõrgmik — kuulmis- e. õigemini tasakaaluhari (*crista acustica e. statica*). Tasakaaluharja karvad on tartelja aine varal lõppkupliks (*cupula terminalis*) koondatud (joon. 82, b).

Kui loom pead liigutab, jääb endolümf inertsi (loiduse) tõttu ampulli seina liikumisest maha ja vastu lõppkuplit tõugates ärritab tasakaaluharja.

Parema ja vasema labürindi külgmised poolringkanalid asetsevad samas tasapinnas. Samuti on iga eesmine poolringkanal vastaspoolse kuulmemõigu tagumise poolringkanaliga samas tasapinnas (joon. 82, a). Seega ärrituvad looma igal pealiigutusel asjaomased tasakaaluharjad vastava tõhususega. Neist ärritusist tekkivad erutused kulgevad kuulmisnärvi kaudu peaaju tasakaalukeskmeisse, kust üm-



Joon. 81.. Roomajate ja lindude kesk- ja sisekõrva (labürindi) skeem. Tr — trummikile (kuulmenahk); Mo — keskkõrva- (kuulme-) õõs; Col — kuulmetulbake, mille välisots on kinnitatud trummikilele, siseots ovaalsele aknale. T. E — Eustachi tõri; Ut — kuulmemõik; Sa — kuulmekotike; C. h — rõhtne e. külgmine poolringkanal; C. a — eesmine poolringkanal; C. p — tagumine poolringkanal; 1, 2, 3 — külgmise, eesmise, tagumise ampulli kuulmis- e. tasakaaluhari; 4 — kuulmemõigutähn; 5 — kuulmekotikesetähn; 6 — kortielund, asetseb nahkse tigu põhjas; lag — nahkse tigu lõpposa, mis vastab kalade ja kahepaiksete tiksile; S. v — esikuastrik on tigumulgu Sl varal ühestuses trummiastrikuga S. t. Trummiastrik lõpeb umbselt vastu ümmarikku akent.

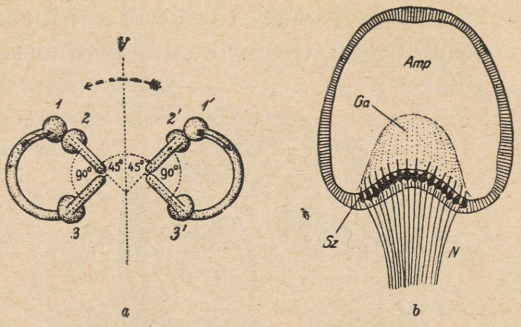
bertöötatult tagasi suunduvad kehaseisundit korraldavaisse lihastesse.

Vastandina kalade ja vesiliste kahepaiksete eksterotseptiivseile, välisveest saadud erutusile on selgroogsete tasakaaluharjade ärritused propriotseptiivsed, saadud loomas eneses sisalduvast vedelikust (endolümfist).

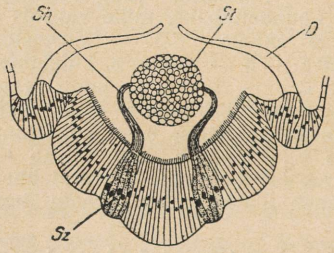
Et kõrgemate selgroogsete voolumeele-elundid ärritu-

vad eeskätt pea pööramisel, kutsutakse neid ka rotatsiooni- e. pöörlemismeele-elundeiks.

Raskus- e. **gravitatsioonimeele-elundite** ärritust põhjustab raskustung (gravitatsioon). Raskusmeele-elund



Joon. 82. Kõrvakeerustiku poolringkanalid. a — poolringkanalite suhteline asend looma kehas. V — eespoolne külg, 1—3 vasakpoolsed ampullid e. kuplad; 1 — rõhtsa e. välise poolringkanali ampull; 2 — eesmise ja 3 — tagumise poolringkanali ampullid; 1^1—3^1 parempoolsed poolringkanalid; 1^1 — rõhtsa e. välise, 2^1 — eesmise, 3^1 — tagumise poolringkanali ampullid. ←- - - keha pöördub vasemale, sellele vastab endolümfi (kuulme sisemahla) vastuvool. b — poolringkanali ampulli paksutilõigu skeem; Sz — sekundaarsed meelerakud; Ga — tartlikuhik *(cupula)*, mis katab sekundaarsete meelerakkude meelekarvu; Amp — ampulli siseruum; N — närvikiud.

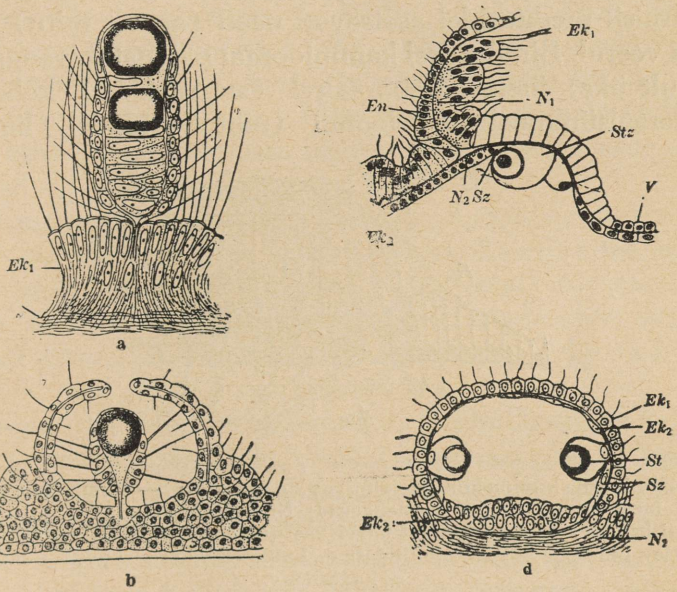


Joon. 83. Kammlooma statotsüst e. vaagpõieke. Sz — meelerakud; Sh — meelerakkude meelekarvad; St — statoliit e. vaagkivike; D — vaagpõiekese kaas.

esineb tüübiliselt (näit. kammloomil) põiena, nn. statotsüstina e. vaagpõiekesena, milles olevaile meelerakkude karvakesile toetub statoliit e. vaagkivike (joon. 83). Vaagkivikese asendist vaagpõie-

keses oleneb looma keha seisund ruumis ja vastavalt sellele asendile ärrituvad asjaomased meelerakud. Meelerakkude erutus kutsub vastavate närvikeskmete kaudu esile otstarbekaid liigutusi, mis toovad keha tagasi tavalisse tasakaaluseisundisse.

Mõnedel meduusidel on raskusmeele-elundeiks kummiku veerul rippuvad, statoliiti sisaldavad kombitsad —



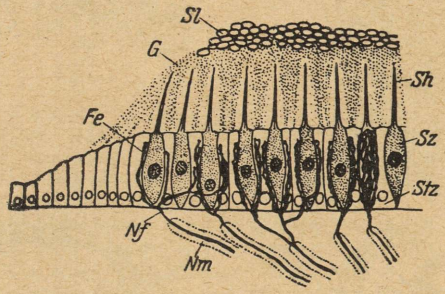
Joon. 84. Hüdromeduuside raskus- e. gravitatsiooni-meele-elundid. a ja b — tõlvmeduuside servakolvikesed e. litostüülid (kivikeskolvikesed); c ja d — kurdmeduuside kummikuserva raskusmeele-elundid; Ek1 — eksumbrellaarne e. kummikuväline ektoderm; Ek2 — subumbrellaarne e. kummikualune ektoderm; En — entoderm; N1 — eksumbrellaarne närvirõngas (ristilõigus); N2 — subumbrellaarne närvirõngas (ristilõigus); St — statoliit e. vaagkivike; Stz — statoliidirakk; Sz — meelerakud; V — ääris (*velum*).

servakolvikesed (nn. litostüülid e. kivikeskolvikesed). Mõnedel (näit. tõlvmeduusidel) asetsevad servakolvikesed kas üsna vabalt või lahtistes põiekestes (augukestes), teistel jälle (näit. kurdmeduusidel) on need paigutatud kinnistesse põiekestesse (joon. 84).

Meduusi vees õõtsudes kõiguvad servakolvikesed, ärri-

tades naabruses asetsevaid meelerakke, mille erutus närvikeskmete kaudu kutsub kummikus esile tasakaalustavaid liigutusi ja üldse rütmilisi tõmblusi. Seega pole meduuside raskusmeele-elundid mitte ainult keha tasakaalustamiseks (staatiline talitlus), vaid ka eneseärritamis- (e. virgutamis-) e. stimulatsioonielundeiks.

Raskusmeele-elundite asupaik looma kehas on kooskõlas selles valitsevate sümmeetriasuhetega. Radiaalsümmeetrilisil meduusidel asetsevad need (arvult mitu) kummiku veerul. Biradiaalsel kammloomal paigustub vaagpõieke (arvult üks) ülemisel aboraalsel (suuvastasel) kehaotsal. Bilateraalsümmeetrilisil loomil (näit. vähkidel, limuseil,



Joon. 85. Imetaja sisekõrva esiku meeletähni (kuulmemõigutähni või kuulmekotikesetähni) skeem. Sz — sekundaarsed (teisesed) meelerakud; Sh — meelekarvad; Nf — närvikiud; Fe — närvikiukeste (fibrillide) lõpud; Nm — närvi säsi-(müeliin-)tupp; G — meelekarvu ümbritsev limakate; Sl — otoliitidest e. kuulmekivikesist koosnev otokoonia e. kuulmeliiv.

selgroogseil) on raskusmeele-elundeid tavaliselt üks paar. Vähkidest leiame neid ühtedel esimese tundlapaari põhimiklülis, teistel viimase abdominaalse (tagakeha-) jalapaari siseharul. Limuseil asetsevad need jalas (näit. tigudel) või peas (näit. peajalgseil).

Selgroogseil on raskusmeele-elundite asukohaks sisekõrva kuulmemõik ja kuulmekotike. Kummagi seinal leiame meelekarvu kandvaist meelerakkudest (ja nende vahel olevaist tugirakkudest) koosneva meeletähni (kuulmemõigus kuulmemõigutähni — *macula utriculi* ja kuulmekotikeses kuulmekotikesetähni — *macula sacculi*) (joon. 81, 85).

Alamail selgroogseil (kaladel, kahepaikseil) omab kuulmekotike ülalmainitud jätket — tiksi e. lageenat ja selle seinal raskusmeele-elundit tiksitähni (*macula lagenae*). Luukaladel lebab igal raskusmeeletähnil võrdlemisi suur kontsentrilisist kihtidest koosnev kuulmekivike. Teistel selgroogseil esindavad kuulmekivikesi rohkearvulised lubisõmerad, nn. otokoonia e. kuulmeliiv. Kuulmeliiv on lima varal ühiseks massiks koondatud ja lasub meelerakkude limaga ümbritsetud meelekarvadel. Kooskõlas pea asendiga ruumis ärritab otokoonia vastavate meelekarvade kaudu neid või teisi meelerakurühmi. Neist ärritusist põhjustatud erutused kutsuvad asjaomaste närvikeskuste kaudu esile sellekohased tasakaalustusliigutused (joon. 85).

Kuulmis- e. akustilised elundid. Kuulmiselundite ärritajaks on helilained, s. o. perioodilised võnkumised (õõtsumised) kui rütmilised rõhumuutused, mis toimuvad looma ümbritsevas keskkonnas. Kuulmiselundite lisaosad juhivad need võnkumised kuulmismeelerakkudesse, mis nende puutest erutuvad.

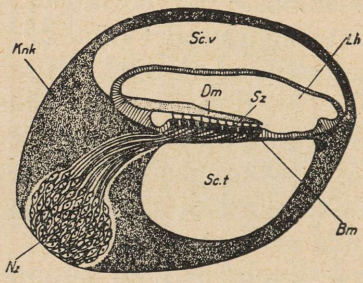
Kaladel võivad kuulmemõigu, kuulmekotikese ja tiksi meeletähnidel (*maculae*) lebavad kuulmekivikesed talitella akustiliste ärritajatena, kui need vees toimuvate perioodiliste võnkumiste mõjul hakkavad õõtsuma. Seega võib neil raskus- e. gravitatsioonimeele-elund sellekohaseil tingimusil talitella kui neid ümbritseva keskkonna väringuid vastuvõttev (nn. seismiline e. väringu-)meele-elund. Sama maksab suurelt osalt ka amfiibide kohta.

Konnadel moodustab kuulmekotike tiksi (*lagena*) kõrval erilise puhetise, nn. tiksi alusosa (*pars basilaris lagenae*), mille seinal asetseb meele- ja tugirakkudest alus-kuulmenäsa (*papilla basilaris lagenae*). Roomajail, lindudel ja imetajail on tiksi alusosa arenenud lühemaks või pikemaks nahkseks kotiks — tiguks (*cochlea*), mis imetajail moodustab vähema või suurema arvu keerde (inimesel 3½). Nahkse tigu põhjas asetseb akustilisi ärritusi vastuvõttev ja konnade alus-kuulmenäsale vastav kortielund (joon. 81, 87, 86, 86 A).

Kuna roomajail ja lindudel püsib nahkse tigu tipul tiks tiksikuulmenäsaga, on see imetajail kaotsi läinud.

Roomajail ja lindudel esineb kortielund kuulmis- ja tugirakkudest koosneva pikimõikana. Imetajail on kortielund pikem ja keeritsjas ning seda läbib kahest sarikrakureast toetatud kortikanal. Kortielundi meele-epiteelil lebab kuulmisrakkude kuulmiskarvadele toetuv (ja meele-epiteeliga rööbitisele epiteelvallile kinnistatud) kutikulaarne katuskile (*membrana tectoria*) (joon. 86, 86 A).

Nahkne tigu asetseb ta kuju jäljendavas luust tigus. Nahkset tigu ühes kuulmekotikesega, samuti ka kuulme-



Joon. 86. Ristilõik roomaja või linnu tigust. Lh — nahkne tigu; Sz — meelerakud (kuulmisrakud); Bm — aluskile; Dm — katuskile; Kuk — luine tigu; Scv — esikuastrik; Sct — trummiastrik; Nz — kuulmisnärviganglioni (-tängu) närvirakud.

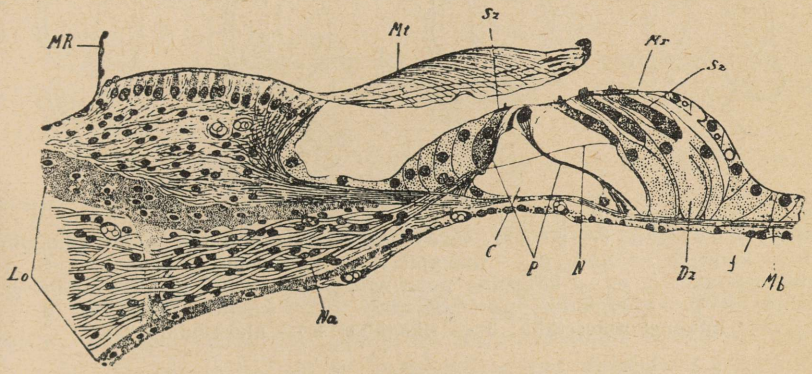
mõiku ühes poolringkanalitega (s. o. nahkset labürinti e. keerustikku) täidab endolümf (sisekõrva sisemahl). Ruumis nahkse ja luust labürindi vahel sisaldub perilümf e. sisekõrva välismahl.

Nahkne tigu on nõnda kinnistatud luust tigu seintele, et nahkse tigu põhi, nn. aluskile e. basilaarmembraan on luust labürindi keskme- ja küljepoolse seina vahele pingule tõmmatud. Aluskile koosneb peenist kiududest, millel asetsevad kuulmis- ja tugirakkude read (joon. 86, 86 A).

Nahkne tigu jaotab luust tigu ruumi üla- ja alaosaks. Ülaosa kannab esikuastriku (*scala vestibuli*), ala-

osa trummiastriku (*scala tympani*) nime (joon. 86).

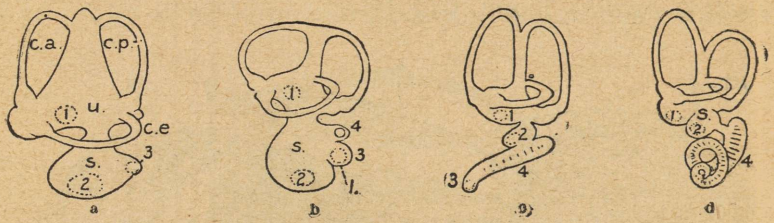
Esikuastrik suubub esiku (*vestibulum*) nime kandvasse ja kuulmemõiku ning kuulmekotikest sisaldava luust labürindi ossa. Luust tigu tipus oleva tigumulgu (*helicotrema*) kaudu on trummiastrik ühestuses esikuastrikuga, kuna ta teine ots lõpeb pimedalt vastu ümmarakent (*fenestra rotunda*), kilega kaetud ava, mis viib sisekõrvast keskkõrva. Peale ümmarakna seob luust labürinti keskkõrvaga veel sellest kõrgemal asetsev ovaalne aken (*fenestra ovalis*) (joon. 81).



Joon. 86 A. Lõige merisea Corti elundist (e. spiraal- e. keeritselundist). C — Corti tunnel; Dz — toesrakud (Deitersi rakud); Lo — luine keeritsleste, mille varal Corti elund kinnistub tigu sisepoolsele seinale; Mb — aluskile e. basilaarmembraan, mille kiududel asetsevad kuulmis- ja toesrakkude read; Mr — võrkkile, mille moodustavad toesrakkude ülaotsad ja mille silmades asetsevad kuulmisrakkude ärritust vastuvõtvad ülaotsad; MR — Reissneri kile, mis, moodustades nahkse tigu ülaseina, eraldab seda esikuastrikust; Mt — katekile; selle vastu tõukavad aluskile kiudude väringutel kuulmerakkude kuulmekarvad, saades sellest ärritust; N, Na — kuulmisnärvi kiud; P — Corti tunnelit piiravad sarikrakud; Sz — sisemised ja Sz1 — välimised kuulmisrakud.

Ovaalsesse aknasse on raamitud keskkõrva läbiva kuulmetulbakese (kahepaikseil, roomajail, lindudel) sisepoolne ots või sisepoolsem kolmest kuulmeluust — jalus (imetajail). Kuulmetulbakese välisots või välimine kuulmeluu (vasar imetajail) on kinnistatud trummikilele (kuulmenahale), mis imetajail, lindudel ja roomajail eraldab keskkõrva väliskuulmekäigust.

Helilaineist põhjustatud trummikile võnkumised anduvad kuulmetulbakese või kuulmeluude kaudu ovaalse akna läbi perilümfile, tekitades seal rõhulaineid. Need perilümfi rõhulained kulgevad läbi esikuastriku ja suunduvad tigumulgu kaudu trummiastrikku ja siin kuni painduva ümmaraknani, pannes õõtsuma kortielundi aluskile ja sellel asetsevad kuulmisrakud. Õõtsuvate kuulmisrakkude otsad tõugatakse vastu nende karvadele toetuvat katuskilet. Need tõuked on kuulmisrakkudele kohaseks (adekvaatseks) ärritajaks.



Joon. 87. Selgroogsete sisekõrvad e. labürindid (keerustikud) külje poolt vaadeldult (skeemid). a — luukala; b — konn; c — lind; d — imetaja; u — kuulmemõik; l — tiks; S — kuulmekotike; c. e. — külgmine poolringkanal; c. a. — eesmine poolringkanal; c. p. — tagumine poolringkanal; 1 — kuulmemõigutähn; 2 — kuulmekotikesetähn; 3 — tiksitähn; 4 — aluskuulmenäsa.

Vastavalt eri pikkusega helilaineile ja neist põhjustatud perilümfi rõhulaineile õõtsuvad vastava pikkusega aluskilekiud ja erutuvad viimaseil asetsevad kuulmisrakud. Kuulmisraku erutus kulgeb kuulmisnärvi kaudu kuulmiskeskmeisse.

Selgrootuist leiame erilisi kuulmiselundeid ainult putukail ja eeskätt neil, kes võivad soetada helisid. Putukate kuulmiselundid kannavad tümpanaalelundite e. kilekuulme nime. Helilainete vastuvõtuks on tümpanaalelundeil võnkuv kitiinne kile — trummikile. Et trummikile all on põisjas trahhee-(õhusoone-)ruum, õõtsub see kile õhulises keskkonnas (joon. 88, b, c).

Trummikile vastaval osal paigustuvad kordotonaalelundite skolopofoori tüüpi retseptorid kui ärrituse vastu-

võtjad. Ärritajaks on helilaineist põhjustatud trummikile õõtsed.

Tümpanaalelundeid leiame näiteks ritsiklasil jalgade sääres (*tibia*), tirtslasil tagakehal (*abdomen*), liblikail eestiibade põhimikosas, rindmikul (*thorax*) või tagakehal.

Ritsiklase eesmise jalapaari säärte ees- ja tagaküljel leiame pilujaid avasid. Üks neist viib sääre eesmises, teine selle tagumises küljes olevasse ruumi, nn. tümpanaal- e. trummiõõnde. Mõlema tümpanaalõõne vahel paigustub trahhee e. õhusoone puhetis, mis pikiseina varal on jaotatud eesmiseks ja tagumiseks trahheepõieks.

Niihästi eesmise kui ka tagumise tümpanaalõõne ja trahheepõie vahele on sirutatud trummikile (joon. 88).

Eesmise trummikile küljepoolsel osal asetseb pikaks reaks korrastatud skolopofooridest kuulmishari. Skolopofooride pikkus kuulmisharjas väheneb sääre alaotsa suunas.

Kuulmisharja varjab kitiinne katekile, eraldades seda verega täidetud sääreõõnest. Ruumi kuulmisharja kandva trummikile osa ja katekile vahel täidab tarteljas aine.

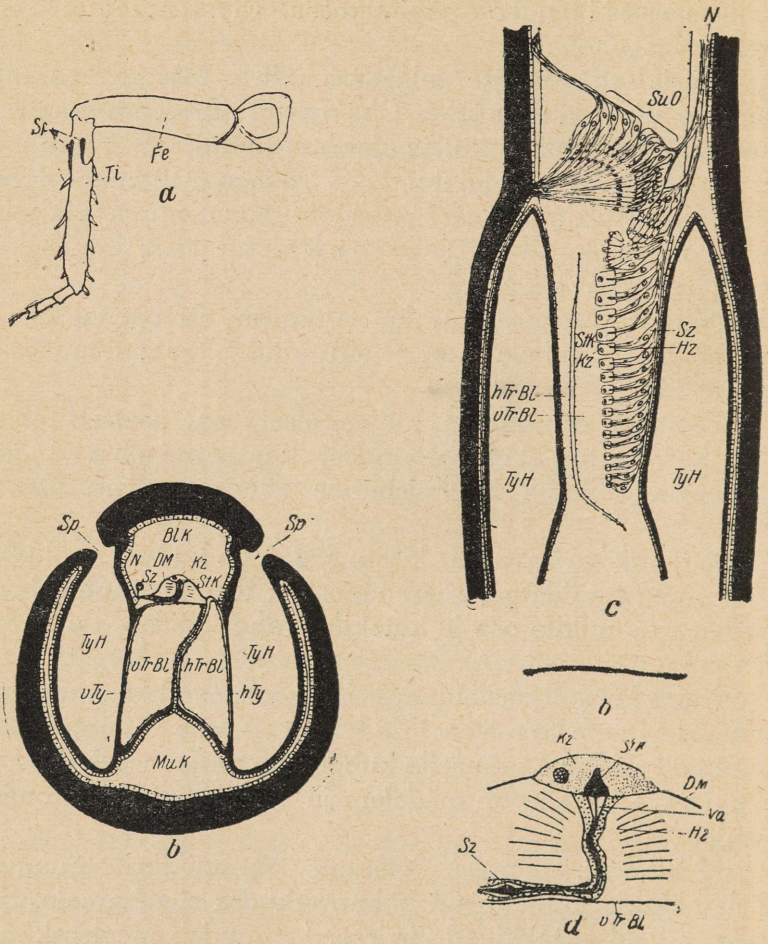
Nagu kordotonaalelundeis, nii koosnevad ka siin skolopofoorid meelenärvirakust, seda ümbritsevast mantelrakust ja selle kuhikkeha varjavast kübarrakust (mis siin on madalam ja laiem kui kordotonaalelundeis).

Helilained, pannes õõtsuma trummikile, tõukavad meelerakkude kuhikkehad kübarrakkudes sügavamale. Selliseist tõukeist tekkivad ärritused muudab meelerakkude kuhikkeha helierutusteks.

Hävitatakse emaloomadel tümpanaalelundid, ei leia nad enam hõlpsasti üles siristavaid isaloomi.

Temperatuurimeele-elundid. Katsed avastavad inimese nahal kahesuguseid täppe, millest ühtede ärritus teki-

tab k ü l m u s-, teiste oma s o o j u s a i s t i n g u t. Neile temperatuuritundlikele täppidele vastavad erilised alusnahas asetsevad tunde-närvikiudude lõpud. Viimased esinevad närvikiukesist koosnevate, sidekoest kestaga ümbritsetud



Joon. 88. R i t s i k l a s e *Decticus verrucivorus*'e j a l a s ä ä r e s o l e v t ü m p a n a a l e l u n d. a — eesjäse; b — ristilõige eesjäsemest tümpanaalelundi kohal; c — vaade tümpanaalelundile peale jala külgseina kõrvaldamist; d — üksik skolopofoor. BlK — verekanal; DM — katekile; Fe — reis; Hz — mantel-(mähis-)rakk; Kz — kübarrakk; MuK — lihase kanal; N — närv; Sp — pilu; StK — kuhikkeha; SuO — kordotonaalelund (nn. subgenuaal- e. põlvealune elund); Sz — meelerakud; hTrBl, vTrBl — tagumine ja eesmine trahheepõis; TyH — tümpanaal- e. trummiõõs; hTy, vTy — tagumine ja eesmine trummikile; Va — vakuool.

kolbjate või käävjate päsmakestena. Neist on külmusärrituse vastuvõtjaiks Krause lõppkolvikesed ja soojusärrituse retseptoreiks Ruffini poolt avastatud erilised käävjad tunde-närvikiudude lõpud.

Samasuguseid temperatuurielundeid on leitud ka muil imetajail.

Putukate kohta on katse teel kindlaks tehtud, et ka nemad on temperatuuritundlikud. Üldse aga puuduvad selgroogsete temperatuurielundite kohta kindlamad andmed.

Nägemiselundid e. **fotoretseptorid** e. silmad. Nägemiselundite adekvaatseks ärritajaks on kiirgav energia. Nägemiselundite ülesandeks on võimaldada loomale orienteerumist teda ümbritsevas keskkonnas, kulgemissuuna tajumine, abi toidu leidmisel ja hädaohu vältimisel.

Inimesel soetavad nägemismeele tajud ühes kompimismeele tajudega kujutelmi välismaailma moodustavaist esemeist.

Nägemiselundite ärritust vastuvõtvaks (retseptoorseks) ja ärritust erutuseks muutvaks osaks (transformaatoriks) on nägemisrakud. Nägemisrakud on (nagu haistmisrakud) primaarsed, esmased meelerakud. Nende vabadel, ärritust vastuvõtvail otstel leiame selgrootuil kepikespintsleid (joon. 47, a ja c).

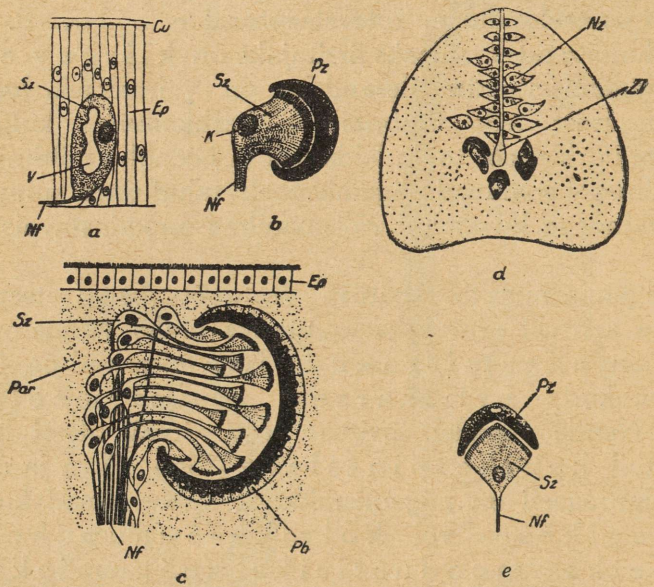
Selgroogseil on nägemisrakkude vabad otsad kujunenud kepikese- või kolvikese-(nupukese-) laadseiks moodustisiks (nägemiskepikesiks ja nägemiskolvikesiks). Lülijalgsete liit- e. fassettsilmade nägemisrakud (nn. retiinula- e. nägelakesrakud) omavad sisepoolseil, ükssteise poole suunatud külgedel kepikesist koosnevat palistust e. rabdomeeri e. nägemisvarvakest. Retiinula rakkude rabdomeerid võivad rabdoomiks e. nägemisvarvaks ühte liituda (joon. 99).

Mõnede nägemisrakkude tsütoplasmas kohtame erilisi kublikuid, nn. faosoome e. valguskehakesi, mis arvatavasti sisaldavad erilist valgustundlikku (fotosensiiblit), ärritust erutuseks muutvat ollust (joon. 89, a). Selg-

roogsete nägemiskepikesis leiame erilist tundlikuks tegevat ollust (sensibilisaator-substantsi), nn. rodopsiini e. nägemispurpurit (-puna).

Tähtsaks teguriks enamiku nägemiselundite toimes on pigment e. värvis. Pigment paigustub kas nägemisrakkude tsütoplasmas või erilisis pigmentrakkudes, mis asetsevad nägemisrakkude naabruses (joon. 89).

Peale pigmendi on sageli esinevaks nägemiselundite osiseks valgust murdvad (fotofraktoorsed) aren-



Joon. 89. Liht-nägemisrakud ja pigmentpeeker-silmakesed (otsellid). a — nägemisrakk vihmussi epidermises; b — ripsussi *Polycelis cornuta* nägemisrakk peekerja pigmendirakuga; c — ripsussi *Planaria gonocephala* silm koosneb paljudest nägemisrakkudest, mille valgustundelised osad asetsevad hulkrakses pigmentpeekris; d ja e — süstikkala nägemiselundid: d — ristilõige süstikkala seljaajust; e — üksik pigmentpeeker-silmake; Cu — kutiikula e. koorend (koorkest); Ep — epidermis e. marrasknahk; k — nägemisraku tuum; Nf — närvikiud; Nz — närvirakk; Par — parenhüüm- e. tülbkude; Pb — hulkrakne pigmentpeeker; Pz — ainurakne pigmentpeeker (pigmendirakk); Sz — meelerakk (nägemisrakk); V — meele-(nägemis-)raku protoplasmas olev vakuool (kublik), mis sisaldab arvatavasti valgustundelist ollust; Zk — seljaaju keskkanal.

did. Need on enamasti kumerapinnalised läätsjad kehad, mis antud suunast tulevat valgust nägemisrakkudele koon-

davad ja välisesemeist nägemiselundeis pilte tekitavad. Valgust koondavat ja pilti moodustavat nägemiselundi osa kutsutakse dioptriliseks aparaadiks.

Ühtedel loomadel on nägemisrakud kõik samal viisil erutatavad, vaatamata valguse lainepikkusele, mis neid ärritab. Teistel on ühed nägemisrakkudest kohastatud ühe, teised teise valguse-lainepikkusega. Selliste nägemiselunditega loomad tajuvad peale valguse ja selle heledusastmete ka värve.

Valguse lainepikkused, mis loomade nägemiselundeid võivad ärritada, kõiguvad ligikaudu 800—200 $\mu\mu$ vahel. Selgrootud tajuvad üldse lühema lainepikkusega valgust kui selgroogsed (näit. mesilane 600—200 $\mu\mu$, inimene 800—400 $\mu\mu$). Kooskõlas sügavamate veekihtide sinkjasrohelise värviga on veeloomade valgustundlikkus suurem lühilainelise valguse piirkonnas.

Tekkepaiga alusel liigituvad silmad epidermseiks ja subepidermseiks.

Epidermsed e. marraskilised püsivad epidermises e. marrasknahas (pealisnahas), kus nad on tekkinud või sopistuvad pidevate epidermsete arenditena sügavamale nahasse. Subepidermsete e. marraskialuste silmade arenemisel rändavad üksikud epidermirakud marrasknaha alla ja kujunevad ühes pigmendi- ja sidekoerakkudega nägemiselundeiks.

Nägemisrakkude paigustusviisi alusel tehakse vahet everssete (e. konverssete) e. poolepööratud ja inverssete e. ärapööratud nägemisrakkudega silmade vahel.

Põisjas silm näiteks on eversne (e. konversne) kui ta nägemisrakkude vabad valgusärritust vastuvõtvad otsad on suunatud põie (s. o. silma) keskme poole. Inversne on sama silm siis, kui nägemisrakkude vabad otsad vaatavad ta piirdeosa poole (näit. inimese silm).

Laadi alusel, kuidas nägemiselundid valgust kasutavad, võib liigitada nägemistoimet heledusnägemiseks, suunanägemiseks ja pildinägemiseks.

Suuna- ja pildinägemisel etendab tähtsat osa pigment, kuna see heledusnägemise silmis tavaliselt puudub.

Heledusnägija nägemiselund tajub ainult valguse intensiteedi (tõhususe) vahesid. Selliseks nägemiselundiks on näiteks vihmussi lihtsad epidermsed pigmendita, abirakkudeta, faosoomi e. valguskeha sisaldavad nägemisrakud.

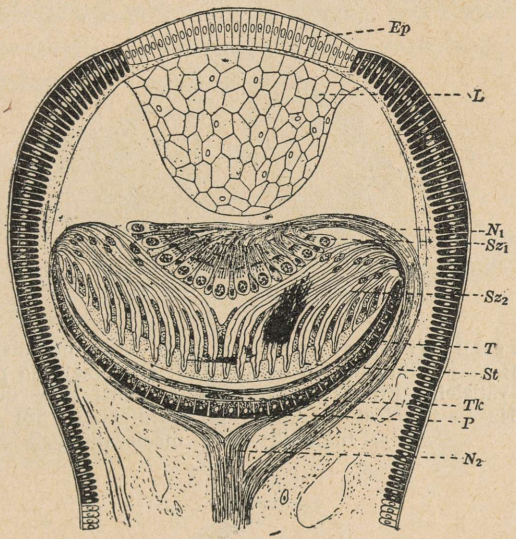
Suunanägemissilmad on kas epidermsed või subepidermsed.

Subepidermseid suunanägemissilmi on kaks liiki. Ühed neist koosnevad ühestainsast nägemisrakust ja selle valgusärritust vastuvõtvat osa ümbritsevast karika laadi pigmendirakust. Ainult need valguskiired, mis pigmendiraku ava, s. o. lohkus külje kaudu nägemiselundisse tungivad, ärritavad nägemisrakku. Selliseid kahest rakust koosnevaid subepidermseid pigmentpeeker-silmakesi leiame näit. ripsussilisil ja süstikkalal. Süstikkalal asetsevad nad seljaajus. Et üksikute pigmentpeekrite avad on suunatud eri sihis, võivad selliste nägemiselunditega varustatud loomad kasutada mitmest küljest tulevat valgust (joon. 89, d, e).

Sagedamini aga koosneb subepidermne pigmentpeeker-silmake hulgast nägemisrakkudest ja neid peekrina ümbritsevaist hulgast pigmendirakkudest. Seesugune hulkrakne subepidermne pigmentpeeker-silmake esineb kahes teisendis. Ühel neist asetsevad nägemisrakud pigmentpeekris mitmesuguseis suunis. Teistel aga on nägemisrakkude ärritust vastuvõtvad otsad kõik ühele poole suunatud (mõnel ripsussilisel) (joon. 89, c).

Kõige enam eristunud kujul esineb hulkrakne subepidermne silm real karpidel (näiteks südakarbil, kammkarbil). Inverteeritud nägemisrakkude (s. o. vaba otsaga pigmentpeekri poole suunatud nägemisrakkude) ja epidermise vahel asetseb siin mesenhüümirakkudest läätse (*lens*). Peale selle on pigmentpeekri ja nägemisrakustiku e. reetina (võrkkesta) vahel kiht madalaid, valgust peegeldavaid sisaldisi omavaid rakke, milline kiht kannab piige e. taapetumi nime (joon. 90).

Epidermsed suunanägemissilmad esinevad nägemis- ja pigmendirakkudest koosnevate epidermise-kühmudena või -aukudena (näit. õismeduusilisil) (joon. 91). Viimased kannavad lohk- e. auksilmade (ka nappsilmade) nime. Lohk-(auk-)silma vooderdab eversne (konversne), s. o. vaba, ärritust vastuvõtva otsaga sissepoole pööratud nägemisrakkudest koosnev reetina e. võrkkest. Pigment asetseb kas nägemisrak-

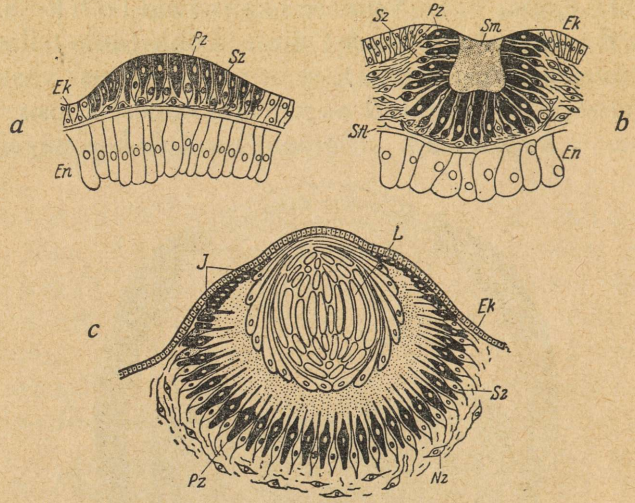


Joon. 90. Kammkarbi (*Pecten*) mantlisilm. Ep — epidermis e. marrasknahk; L — mesenhüümist lääts; N1 ja N2 — kaugmine ja lähimine nägemisnärvi haru; P — pigmentpeeker; St — neurofibrilli (närvikiukest) sisaldavad lähimise nägemisrakukihi kepikesed; Sz1 ja Sz2 — kaugmised ja lähimised nägemisrakud; T — taapetum e. piige; Tk — piigeraku tuum.

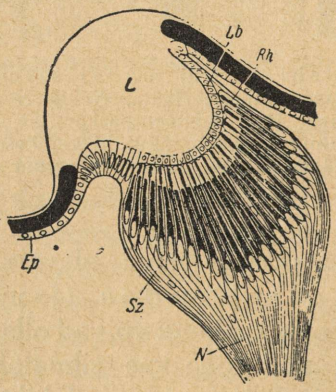
kudes või nägemisrakkude vahel olevais epidermse päritoluga pigmendirakkudes (joon. 91).

Lohk- (resp. auk-) silmad võivad olla varustatud läätsega. Läätseks võib olla kas silmalohku(-auku) täitev nahasekreet või paks läätsjas kutiikulakiht, mida moodustab nägemisrakke kattev epiteelkiht. Sellist läätse kutsutakse kornea- e. sarvkestläätseks ja seda tekitavaid rakke korneageenseiks e. sarvkesta teki-

tavaiks rakkudeks. Säärase tugeva kornealäätsega varustatud läätsotselli (-silmiku, -lihtsilma) nime kandvaid nägemiselundeid leiame paljudel ämblikel. Siia kuu-



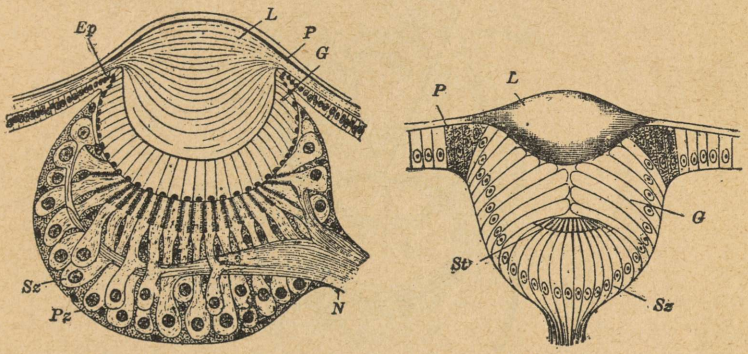
Joon. 91. Meduuside silmad. a ja b — õismeduuside, c — karikmeduusi silm; a — kühmsilm; b — auksilm; c — läätsega põissilm. Ek — ektoderm e. välisleht; En — entoderm e. siseleht; I — iiris e. vikerkest; L — lääts; Nz — närvirakud; Pz — pigmendirakud; Sm — nahasekreet; Stl — tugiõhik; Sz — meelerakud.



Joon. 92. Sagitaalne e. paksutine lõige sipelglase (*Camponotus ligniperda*) keskmisest otsmikusilmast (läätsotsellist). Ep — epidermis e. marrasknahk; L — kornea- e. sarvkestlääts e. kutiikulalääts; Lb — läätse tekitavad rakud; N — nägemisnärv; Rh — rabdoom; Sz — nägemisrakud (pigmendiga).

luvad ka putukate o t s m i k u s i l m a d (joon. 92). Harukorril koosneb kornealääts epidermiserakkudest.

Tavalises läätsotsellis ei teki reetinal välisesemeist teravaid pilte. Põhjuseks on, et lääts liiga reetina lähedal asetseb. Mõned läätsotsellid aga on varustatud läbipaistvaist kõrgeist korneageenseist rakkudest koosneva k l a a s k e h a g a (*corpus vitreum*). Et klaaskeha asetseb läätse ja reetina vahel, siis on vahemaa viimaste vahel pikem ja seepärast välisesemeist reetinale langev pilt teravam. Klaaskehaga läätsotsellè leiame ämblikel, putukate vastseil ja harva ka täisealisil putukail (joon. 93).



a *b*

Joon. 93. K l a a s k e h a g a l ä ä t s o t s e l l i d. a — majaämbliku (*Tegeneraria domestica*) eesmine kesksilm; b — mardika vastse täppsilm. Ep — epidermis; G — klaaskeha; L — kornea- e. sarvkestlääts e. kutiikulalääts koorendlääts; N — nägemisnärv; P(a) — pigmendiga kitiinkutiikula piir; P(b) — läätse serval asetsev pigmendiga epidermisevööde, mis vastab iirisele e. vikerkestale; Pz — reetinas e. võrkkestas asetsevad pigmendirakud; St — kepikesed; Sz — nägemisrakud.

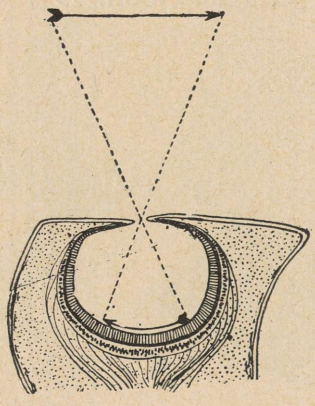
Valgusärritust vastuvõtvad osad asetsevad ämblikuliste, hulkjalgsete ja putukate läätsotsellides kas kepikestena nägemisrakkude otstel või nad palistavad lühikepikeste reana, nn. r a b d o m e e r i n a e. n ä g e m i s v a r v a k e s e n a nende külgi. Naaber-nägemisrakkude r a b d o m e e r i d võivad, nagu varemalt nägime, ühte liituda r a b d o o m i k s e. n ä g e m i s v a r v a k s.

Rabdomeeri või rabdoomi talitluseks on nähtavasti

valguslainete vastuvõtmine ja nende muutmine vastavaks erutuslaineks.

Nägemisrakud läätsotsellis on e v e r s s e d (konverssed), s. o. vaba, ärritust vastuvõtva otsaga silma keskme poole pööratud. Mõnedel (mõnel ämblikulisel, hiidjalgsel) aga on nägemisrakud i n v e r s s e k s kujunenud, s. o. nende retseptoorsed, ärritust vastuvõtvad otsad on suunatud silma põhja (piirdeosa) poole.

Nagu lohk-(auk-)silmis, nii leiame ka läätsotsellides pigmenti kas nägemisrakkudes või pigmendirakkudes. Pig-



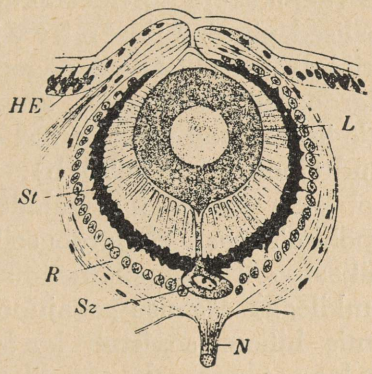
Joon. 94. P e a j a l g s e l i m u s e l a e v u k e s e (*Nautilus*) m u l k s i l m k i i r t e k ä i g u s k e e m i g a.

mendirakud asetsevad kas nägemisrakkude vahel või taga. Mõnikord omavad need nägemisrakkude taga olevad rakud pigmenditerade asemel sõmerjaid või kristaljaid, valgust peegeldavaid sisaldisi, moodustades seega valgust peegeldava p i i g e e. t a a p e t u m i (ämblikel, putukail).

Kui kujutella, et epidermse lohk-(auk-)silma lai ava ahendub väikeseks, saame lohk-(auk-)silmast nn. m u l k s i l m a. Tüübilist mulksilma leiame neljalõpuselisel peajalgsel limusel laevukesel (*Nautilus*). Mulksilm töötab nagu pisikese avaga fotokaamera. Ta tagaseinal tekib välisesemeist väike ümberpööratud, teravuseta, valgusnõrk pilt. Kuid mulksilma kogunev sekreet võib valguskiiri koondades pildi teravust tõsta (joon. 94).

Kui oletada, et mulksilm epidermisest lahti soonistudes selle alla nihkub, saame mulksilmast p õ i s s i l m a (joon. 95, 91) (mõned meduusid, rõngussid, limused). Epidermis põissilma kohal, samuti ka põissilma välissein, olles pigmendivabad, moodustavad koos silma s a r v k e s t a e. k o r n e a.

Põissilmad on enamasti varustatud l ä ä t s e g a. Nad meenutavad siis lääts-fotokaamerat ja kannavad l ä ä t s - k a a m e r a s i l m a nime. Ühtedel esineb lääts põissilma täitva sekreedina (nõrena), mida mõnikord nõristavad erili-



Joon. 95. K e s k p i d i n e l õ i k h u l k h a r j a s e l i s e r õ n g u s s i — l e h t h a r j a s l a s e (*Phyllodoce*) p õ i s s i l m a s t. HE — hüpodermis e. nahaepiteel kutiikulaga; N — nägemisnärv; R — reetina e. võrkkest; St — reetina nägemiskepikesed; L — valgust murdev läätsjas keha; Sz — läätsjat keha soetav näärmerakk.

sed näärmerakud (joon. 95). Teistel võivad silmpõie eesseina rakud moodustada läätsja arendi [karikmeduusid (joon. 91), sisalikkude vaheaju lael olev kiiru-(parietaal-) silm].

Läbipaistvat sarvkesta piirab põissilmas tavaliselt kitsam või laiem pigmendirakkudest vööde, mis valgust läbi ei lase. See on v i k e r k e s t (silmakirju) e. i i r i s (joon. 91, c, 98, a, Ir).

Lääts-kaamerasilmad on erinevais loomarühmis (näit. hulkharjaselisil rõngussidel, peajalgseil limuseil, selgroogseil) iseseisvalt välja arenenud (k o n v e r g e n t s i e. k o h a s t u s l i k u s a r n a s t u m i s e n ä h t u s, vt. lk.

19). Võrreldes näiteks seepia (tindikala) ja selgroogse silma leiame neil rea talitluselt sarnaseid, kuid arenemiselt ja ehituselt erinevaid (s. o. analoogseid e. sarnandilisi, vt. lk. 8) osi (joon. 96, d ja 98, a).

Silmpõie e. silmamuna seespoolsemat valgusärritust vastuvõtvat kihti esindab mõlemail reetina e. võrkkest. Seepial on reetina nägemisrakud everssed (konverssed) (s. o. vaba otsaga silma keskme poole suunatud) ja esinevad tas ainukihilise neuroepiteelina. Selgroogse reetinas aga leiame kolm olulisemat rakukihti: nägemisrakud (kepikes- ja kolvikesrakud), bipolaarsed e. kahenabalised närvirakud, närvirakud, mille kiudharud (neuriidid) moodustavad nägemisnärvi. Nägemisrakud on selgroogseil, vastandina seepiale, inverssed, s. o. nende ärritatavad vabad otsad on silma keskme poolt ära suunatud (joon. 96, e ja 98, b).

Seepia lootel tekib reetina nahalt lahti soonistuva epidermse põie põhimikosast. Selgroogseil aga areneb reetina ühes seda väljastpoolt katva pigmendirakkudest mustpiigega (tahmkilega) eesmise peaajupõie (prosenkeefaloni) pungana, mis hiljem sopistub kaksikseinaliseks karikaks. Kuna selgroogseil pigment sisaldub mustpiige pigmendirakkudes, paigustub see tindikalal nägemisrakkude põhimikosas (joon 96 ja 97, 98).

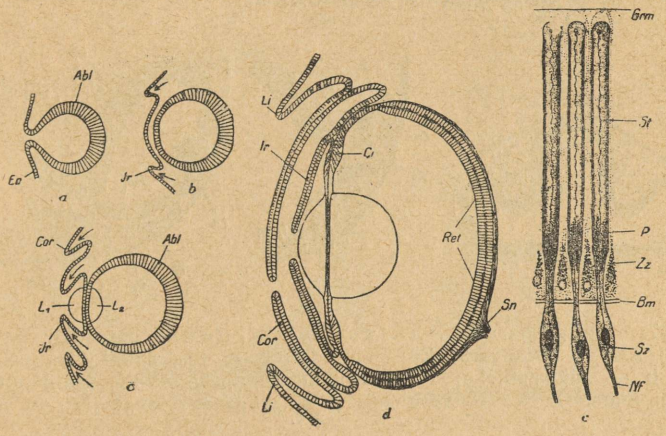
Läätse esineb seepial kutikulaarse moodustisena, mille välimine pool tekib epidermise välispinna, sisemine pool silmpõie eesseina sisepinna nõrena. Selgroogseil koosneb lääts kiudjaist epiteelrakkudest ja tekib epidermisest lahtisoonistuva põiekesena.

Läätse taga asetsevat silmaava e. pupilli ümbritsev vikerkest e. iiris kujuneb seepial rõngasja epidermisekurruna. Selgroogseil aga areneb vikerkest loote karikja silma veerust. Nii seepial kui ka selgroogseil leiame vikerkestas silmaava paisutavaid ja ahendavaid lihaseid.

Sarvkest e. kornea tekib seepial vikerkesta ümbritseva ja katva läbipaistva nahakurruna. Selgroogseil kujuneb sarvkestaks silma kohal asetsev ja läbipaistvaks muutuv nahk.

Silmamuna täitev klaaskeha tekib seepial loote silmpõie-rakkude nõrena, selgroogseil aga peamiselt loote silmkarikasse tungivast vahekoest.

Niihästi seepial kui ka selgroogseil on silma dioptriliseks aparaadiks sarvkest, sarvkesta ja läätse vahel olev vedelik, lääts ja klaaskeha. Selle kaudu tekib mõlemate reetinal välisesemeist ümberpööratud ja vähendatud pilt.

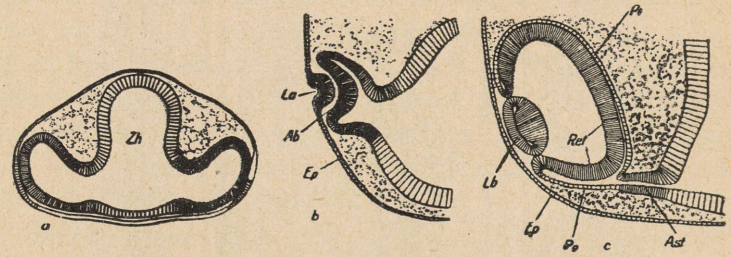


Joon. 96. Peajalgse limuse seepia läätssilm (skeem). a kuni c — silma arenemine; nooled (→) näitavad epiteelkurdude tekkesuunda; d — täisealise silm. Abl — silmapõis; Ci — ripskeha; Cor — sarvkest e. kornea; Ep — epidermis e. marrasknahk; Ir — iiris e. vikerkest; L_1 ja L_2 — kutikulaarläätse mõlemad osad; Li — silmalaug; Ret — võrkkest e. reetina; Sn — nägemisnärv; e — tükk võrkkesta; võrkkest esineb meele- e. neuroepiteelina, mis koosneb nägemisrakkudest — Sz ja vaherakkudest — Zz; vaherakud tekitavad aluskile (basaalmembraani) — Bm, mis vaatab silma piirde poole, ja piirkile — Grm, mis vooderdab silmamuna seestpoolt. Nägemisrakud — Sz on meelenärvirakud ja ainult nende vastuvõttev (retseptoorne), dendriidile e. põõsasharule vastav osa — St asetseb meeleepiteelis; seda osa toetavad kutikulaarliistud (joonisel mustad); nägemisraku tuuma sisaldav osa — Sz, samuti ka neuriidile e. kiudharule vastav osa — Nf asetseb aluskile — Bm all; P — pigment e. värvis.

Et pilt reetinal omaks küllaldast teravust, toimub läätskaamerasilmas lähedate või kaugete esemete vaatamiseks silma seadumine (kohastumine) e. akommodatsioon. Silma seadumine põhineb kas läätse kauguse muutumisel võrkkestast (peajalgseil limuseil, kaladel, kahe-

paikseil) või läätse kujumuutusel (roomajail, lindudel, imetajail).

Silmamuna tagaseinal, reetina keskosas on selgroogseil ringjas või vöötjas paik, nn. k e s k v ä l i (*area centralis*), kus nägemisrakud on kõige tihedamalt koos. Siin tekib akommodatsioonil välisesemeist selge pilt. Ahvilisil ja inimesel on see ala muust reetinast madalam, moodustades nn. k e s k l o h u (*fovea centralis*). Mõnel linnul ja imetajal on igas silmas kaks kesklohku.



Joon. 97. S e l g r o o g s e l ä ä t s s i l m a a r e n e m i n e. Ab — silmakarikas; Ast — silmavars; Ep — epidermis e. pealisnahk; La — läätsesuge; Lb — läätsepõieke; Pe — pigmentepiteel, millest tekib mustpiige (*tapetum nigrum*); Ret — võrkkesta ja nägemisnärvi suge; Zh — vaheaju.

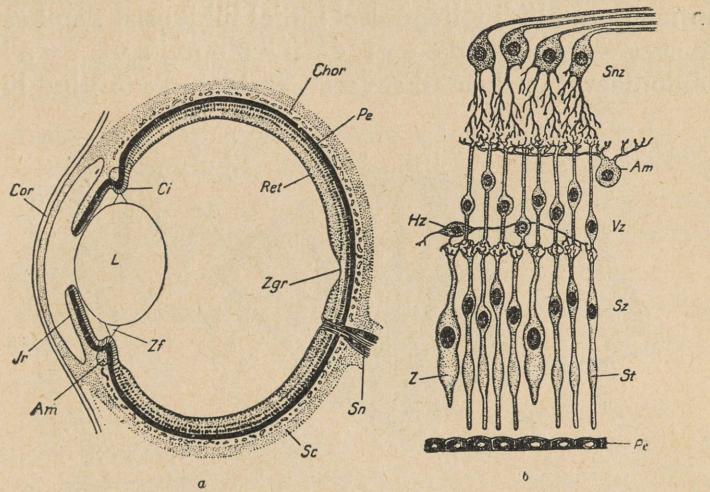
Inimesel esinevad kesklohu piirkonnas ainult k o l v i k e s r a k u d ja ainult selle osa ärritus võimaldab v ä r v i l i s t nägemist. Kepikesrakkude kaudu toimub värvitu valguse tajumine.

Kolvikesrakud on nägemiseks päeval, kepikesrakud nägemiseks videvikus. Vastavalt sellele koosneb videvikuloomade võrkkesta neuroepiteel peamiselt või ainult kepikesrakkudest, päevaloomil aga peamiselt või ainult kolvikesrakkudest.

Paljudel, eeskätt kaladel, venivad heledas valguses kepikesrakkude kepikesed pikemaks ja nende vahele nihkub mustpiige-rakkude pigment. Kolvikesed aga on tagasi tõmbunud ja asetsevad pildi tasapinnas, võttes vastu valgusärritusi. Videvikus aga pikenevad kolvikesrakkude kolvikesed ja pigment tõmbub tagasi kepikeste vahelt kolvikeste vahele. Kepikesed on kokku tõmbunud ja, paigustu-

des pildi tasapinnas, teotsevad nüüd valgusärrituse vastuvõtjaina.

Niihästi mulk- kui ka lääts-kaamerasilmad on pildinägijad. Kuid peale kaamerasilmade esindavad pildinägemist veel nn. kompleks- e. liit- e. fassettsilmad [mõnel sessiilsel (kinnistunud) rõngussil, üksi-



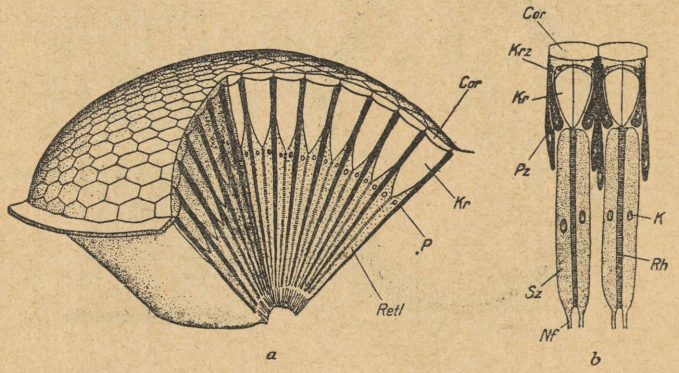
Joon. 98. Selgroogse silm (skeem). a — silma sagitaalne e. paksutine lõige; Am — akommodatsiooni- e. seadumislihased; Ci — ripskeha (tsiliaar- e. kiirkeha); Cor — sarvkest e. kornea; Chor — kõldkest e. korioidea; Ir — iiris e. vikerkest; L — lääts; Pe — mustpiige (koosneb pigmentepiteelist); Ret — võrkkest e. reetina; Sc — kõvakest (valgekest) e. skleera (tekib sidekoest); Sn — silmanärv (tekib reetinarakkudest); Zf — rips- e. Zinn'i vöötekese kiud, mille varal lääts on kinnistatud ripskehale; Zgr — võrkkesta lohk — teravaima nägemise paik. b — võrkkesta ristilõige. Pe — mustpiige (pigmentepiteel); Sz — meele- e. nägemisrakud (kepikes- ja kolvikesrakud); St — kepike; Z — kolvike; Vz — bipolaarsed e. kahenabalised närvirakud; Snz — nägemisnärvirakud; Hz — meele- e. nägemisrakke siduvad horisontaalsed rakud; Am — amakriinsed rakud, mis asetsevad kahenabaliste ja nägemisnärvirakkude sidestumisvöötmes.

kui karpidel, odasabal (*Limulus*), vähkidel, hulkjalgseil, putukail].

Liitsilma välispind on kumer ja koosneb suurest hulgast korrapäraseist kuusnurkseist väljakesist, nn. fassettidest. Fassetid on liitsilma koostavate osasilma-

keste e. silmikute e. ommatiidide kitiinsed kornea- e. sarvkestläätsed (joon. 99).

Iga ommatiid on kuhikjas või püramiidjas moodustis ja selle ärritust erutuseks muutev osa koosneb tavaliselt kaheksast ommatiidi pikitelje ümber koondatud sihvakast nägemisrakust, mis kõik koos kannavad retiinula e. nägelakese nime. Iga retiinularakk, s. o. nägemisrakk kannab ommatiidi teljepoolsel küljel lühikesist kepikesist palistust — rabdomeeri e. nägemisvarvakest. Rabdomeerid on kas üksteisest eraldatud või ühte liitunud



Joon. 99. Kompleks-, liit- e. fassettsilma ehitus (skeem). a — liitsilm, mille parempoolsest osast on tükk välja lõigatud; b — kaks ommatiidi e. osasilmakest; Cor — kornea- e. sarvkestlääts; K — nägemis- e. retiinula- e. nägelakesraku tuum; Kr — kristall- e. seltekuhik; Krz — kristall- e. seltekuhikurakk; Nf — närvikiud; P — pigment; Pz — pigmendirakud; Retl — retiinula e. nägelake; Rh — rabdoom e. nägemisvarb; Sz — nägemisrakk (retiinula- e. seltekuhikurakk).

ühiseks toru- või kepilaadseks rabdoomiks e. nägemisvarvaks. Rabdoomid või rabdomeerid talitlevad ärrituse retseptoreina (vastuvõtjaina) ja transformaatoreina (erutuseks muutjaina).

Ommatiidi retiinula ees asetseb dioptriline aparaat. See on koos ülalmainitud kitiinsest fassetist ehk kornealäätsest ja selle ning retiinula vahel asetsevast kristall- e. seltekuhikust. Kristallkuhik koosneb neljast osast, millest igaüks esineb erilise nn. klaaskeharaku tsütoplasmasisaldisena.

Et seltekuhiku valguse murdumise näitaja kasvab seltekuhiku telje suunas, talitleb ta valguse kogujana.

Liitsilmale langevaist valguskiirist koondatakse just need kornealäätse ja seltekuhiku varal rabdoomile (resp. rabdomeeridele), mis kas kulgevad rööbiti antud ommatiidi teljele või moodustavad sellega väikese nurga.

Ommatiidide dioptrilised aparaadid on üksteisest isoleeritud pigmendirakkude varal. Naaber-ommatiidide rabdoome aga eraldab üksteisest retiinula-(nägemis-)rakkudes olev pigment.

Seltekuhik võib puududa (*akoonne* e. *seltekuhikuta* ommatiid) või asenduda erilise vedelikuga (*pseudokoonne* e. *ebaseltekuhikuga* ommatiid). Seltekuhikuga ommatiid kannab *eukoonse* ommatiidi nime.

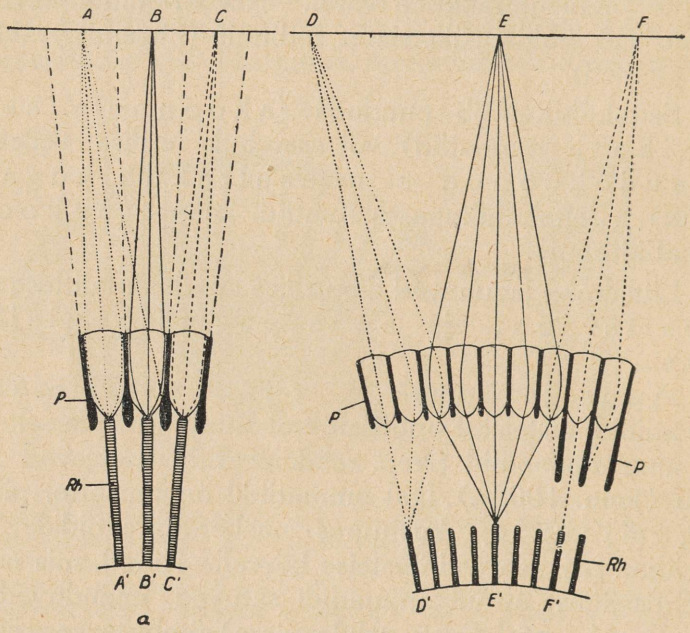
Liitsilmad jagunevad dioptrilise aparaadi talitluse alusel *apositsiooni-* ja *superpositsioonisilmadeks*.

Apositsiooni- e. *kõrvutussilmas* on ommatiidid üksteisest optiliselt eraldatud ja nende seltekuhikud ning rabdoomid (resp. rabdomeerid) asetsevad lähestikku (joon. 100, a). Igal ommatiidil on omaette, piiratud *nägemisväli*, kusjuures naaber-ommatiidide nägemisväljad paigustuvad üksteise kõrval. Kiired, mis naabernägemisväljast antud ommatiidi satuvad, imenduvad seda või selle rabdoomi (resp. rabdomeere) ümbritsevas pigmendis ja ei ärrita rabdoomi (resp. rabdomeere). Seepärast talitleb iga ommatiidi rabdoom (resp. rabdomeeride kogu) täiesti omaette ja ärritub ainult ühest vaadeldava eseme osast. Nagu mosaiikteos on koos üksikuist kivikesist, nii koosneb ka pilt välisesemest apositsioonisilmas üksikuist osadest (täppidest), millest igaüks asetseb omaette ommatiidis.

Mida rohkem ommatiide sisaldab fassettsilm, seda teravam on temas välisesemeist tekkiv pilt. On aga fassettsilmas ommatiide liiga palju, siis on nende dioptrilised aparaadid väga väikesed ja nende varal ommatiidides tekkinud pilditäpid vähese heledusega.

Superpositsiooni- e. kattumissilmas on vahemaa seltekuhiku ja rabdoomi (resp. rabdomeeride) vahel võrdlemisi suur ning ta talitluslaad oleneb valguse tõhususest (joon. 100, b).

On valgustus nõrk, siis pole ommatiidid üksteisest optiliselt eraldatud. Kiired vaadeldava eseme sellest või teisest täpist ei levi mitte ainult sellele täpile vastava omma-



Joon. 100. Kiirtekäik. a — apositsiooni- e. kõrvutussilmas; b — superpositsiooni- e. kattumissilmas. A—F — esemetäpid; A^1—F^1 — esemetäppidele vastavad rabdoomid e. nägemisvarvad; P — pigment e. värvis; Rh — rabdoom e. nägemisvarb.

tiidi rabdoomile (resp. rabdomeeridele), vaid ka naaberommatiidide rabdoomidele (resp. rabdomeeridele). Seega langeb igale rabdoomile mitme seltekuhiku kaudu tekkinud pilditäppe. Igal rabdoomil tekib seepärast mitu ülestikku asetsevat, üksteist katvat pilditäppi väliseseme vastavast täpist.

Seega on nõrgal valgustusel pilt välisesemest superpositsioonisilmas valgustõhusam kui apositsioonisilmas.

On aga vaadeldav ese tõhusalt valgustatud, siis levib pigment seltekuhikute vahelt sügavamale ommatiidide vahele ja takistab naaber-seltekuhikuilt tulevail kiirtel pääsu antud ommatiidi rabdoomile (resp. rabdomeeridele).

Seepärast töötab superpositsioonisilm tõhusas valguses samal kombel kui apositsioonisilm.

Närvisüsteem e. närvkond (*systema nervorum*) koosneb arendeist, mis meele-elundeilt — (r e t s e p t o r e i l t e. vastuvõtjailt) saadud erutused ümber töötavad ja üle annavad täidesaatvaile elundeile (e f e k t o r e i l e e. teostajaile), näit. lihastele või näärmeile, virgutades neid tegevusele või nende tegevust pärssides (summutades).

Teiseks närvikava ülesandeks on luua paljudest üksikelundeist ja nende osadest koosneva hulkrakse looma kehast ü h t l a n e t e r v i k, kus kõik osad terviku alalhoiuks ja arenemiseks kooskõlaliselt töötavad. Selgroogseil toetavad närvikava tööd ses organismi ühtlustamistoimes e n d o k r i i n s e t e e. s i s e n õ r i s t u s n ä ä r m e t e (umbnäärmete) ä r r i t i n õ r e d e. h o r m o o n i d.

Närvisüsteemiga on seotud loomade hingeelulised, p s ü ü h i l i s e d talitlused. Inimesel on närvisüsteemi kõige kõrgemini eristunud osa — s u u r a j u — teadvuse ja vaimsuse elundiks.

Algloomadest on leitud mõnel ripsloomal tsütoplasmas kiukesi — n e u r o f a a n e, mida peetakse erutuse kulglaiks. Kõhuripsmelisil kirjeldatakse isegi m o t o o r s e i d t s e n t r u m e i d e. l i i g u t a m i s k e s k m e i d, kust võib-olla liigutamiserutused suunduvad neurofaane kaudu ripsmeisse või tsirridesse (väädikuisse). Sellekohased katsed aga pole siiani neurofaanide närvset talitlust kindlaks teinud.

Käsnadel puudub närvisüsteem.

Närvisüsteem tekib lootel e k t o d e r m i s t e. v ä l i s l e h e s t ja on vist ka loomade suguvõsaloolisel arenemisel alguse saanud naha ektodermsest osast, s. o. e p i d e r m i s e s t e. m a r r a s k n a h a s t. Loote epidermiserakkudest kujunevad n e u r o b l a s t i d e. n ä r v i-

ühiku-(raku-)-moodustajad, milledest harude välja kasvades arenevad neuronid e. närvirakud (ganglioni- e. tängurakud).

Närvirakud astuvad üksteisega kas kokkupuutesse (vt. närvirakkude kontakti teooria) või nendes sisalduvate neurofibrillide e. närvikiukeste varal pidevasse ühendusse (vt. närvirakkude kontinuiteedi teooria), moodustades kas hõredamaid või tihedamaid närvirakkude võrke või tihedasti kokkupakitud närvirakkudest kogumikke — nn. ganglione e. tänke e. närvisõlmi. Ganglionid kannavad ka närvitsentrumite e. -keskmete nime.

Selgrootuil paigustuvad närvirakud harilikult ganglioni piirdeosas, kuna keskosa läbivad kõigis suunis närvikiud (joon. 103, 106). Selgroogseil koosneb kogu ganglion närvirakkudest ja neist väljuvaist närvikiududest.

Närvikeskmete puudumise või esinemise alusel tehakse vahet difuusse e. hajusa närvisüsteemi e. nn. närvivõrgu ja tsentraliseeritud e. keskendatud närvisüsteemi vahel.

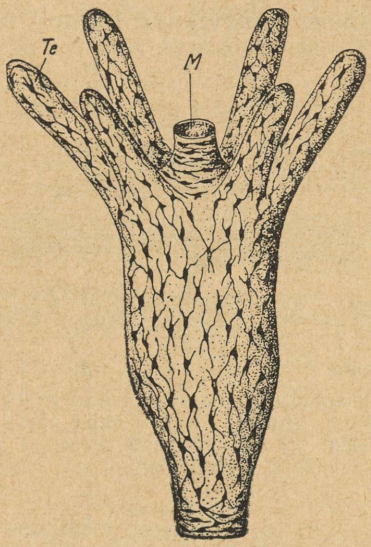
Difuusne närvisüsteem kui lihtsaim närvkonnatüüp iseloomustab eeskätt hüdrat ja teatava määrani ka muid ainuõõsseid (joon. 101). Ta esineb siin ekto- ja entodermi vahel levivate haruliste, üksteisega ühenduses olevate närvirakkudena, mis üheskoos moodustavad närvivõrgu. See närvivõrk on ühenduses meelerakkudega, milledelt võtab erutusi ja juhib neid epiteel-lihasrakkude lihasjätkeile või epiteeli suhtes iseseisvaks kujunenud lihasrakkudele (joon. 102).

Difuusses närvisüsteemis levib erutus kõigis suunis sama kiirusega, kahanedes erutuslaine kaugenemisega selle tekkepaigast. Seega kulgeb erutuslaine hajusas närvivõrgus nn. dekremendi e. sumbuvusega ja kustub vastavas kauguses oma tekkepaigast täiesti.

Närvivõrke leiame ka kõigil tsentraliseeritud närvikavaga loomadel. Siin toimetavad nad keskmenärvikavast

rippumatuid talitlusi, mis ei allu looma tahtele. Sellised on näiteks selgroogsete südame- ja sooleseinas levivad nn. autonoomse e. iseseisva (sümpaatilise ja parasümpaatilise) närvikava osad.

Tsentraliseeritud e. keskendatud närvkond koosneb kas ganglionidest (näit. limuseil, rõngussidel, lülijalgseil) või suurema ulatusega



Joon. 101. Närvivõrguna esinev hüdra difuusne e. hajus närvisüsteem. M — suu; Te — kombits e. tentaakel.

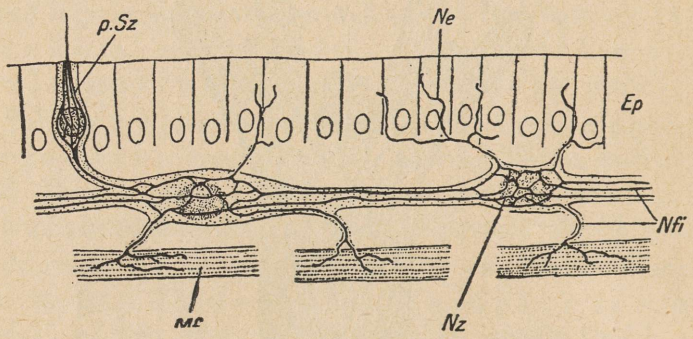
närvikeskmeist, nn. tsentraalorganeist e. keskelundeist (näit. selgroogsete selja- ja peaaju). Tsentraalorganid esinevad arvurikaste, tihedalt koondatud närvirakkude ja -kiudude kogumikuna, millel on kas väädi (sirge või ringja) või toru või tugeva sõlme kuju.

Närvitänke keskendatud närvikavas seovad üksteisega närvikiudude, s. o. neuriitide e. kiudharude ja dendriitide e. põõsasharude kimbud.

Keskelundist ja tänkudest suunduvad kõigisse kehaosadesse närvid e. ergud. Närvid koosnevad keskelundi ja tänkude närvirakkude pikemaist kiududest —

närvikiududest. Närvi moodustavaiks närvikiududeks võivad olla niihästi närvirakkude neuriidid e. kiudharud kui ka pikad dendriidid e. põõsasharud (joon. 48, 49).

On väga tõenäoline, et närvirakus ja ta kiududes sisalduvad neurofibrillid e. närvikiukesed on erutuse e. närvilaine (neuroküümi) kulgemisteedeks. Närvikiukesi omavad närvikiud on kõrgesti eristunud erutusjuhtmed. Närvilaine kulgeb neis ilma de-



Joon. 102. Nõgeslooma (meduusi) närvivõrgu skeem. Ep — epiteel; Mf — lihaskiud (-rakk); Ne — vaba närvilõpp; Nfi — neurofibrillid e. närvikiukesed; Nz — närvirakk; p. Sz — primaarne e. esmane närvirakk.

krementida, s. o. kulgemiskiiruse kahanemiseta. Närvilaine kulgemiskiirus on näiteks seepial 1 m/sek., meriveähjal (homaaril) 10 m/sek., konnal 30 m/sek., inimesel kuni 120 m/sek. Kehast eraldatud närvikiud võib juhtida erutust mõlemas suunas. Kehas peituvas närvikius aga liigub erutuslaine ainult ühes määratud suunas: dendriidis raku poole (tsellulipetaalne e. rakuhagev suund), neuriidis raku poolt ära (tsellulifugaalne e. rakupagev suund).

Närvilaine kulgemissuuna alusel looma kehas jagunevad närvikiud kolme rühma: tsentripetaalsed, tsentrifugaalsed ja intratsentraalsed.

Tsentripetaalsed e. keskhagevad närvikiud juhivad erutust meele-elundist ganglionidesse või

tsentraalorganisse. Tsentripetaalseid närvikiude kutsutakse tavaliselt sensiibleiks e. tunde-närvikiududeks. Kõrgemate meele-elundite tunde-närvikiud kannavad ka sensoorsete e. meele-närvikiudude nime.

Tsentrifugaalsed e. keskpagevad närvikiud juhivad erutust ganglionidest ja tsentraalorganist lihastesse või näärmeisse, virgutades neid tööle või nende tegevust pärssides (summutades). Erutust lihastesse juhtivad tsentrifugaalsed närvikiud on motoorsed e. liigutavad, erutust näärmeisse juhtivad — sekretoorsed e. nõristavad.

Intratsentraalsed e. keskmesisesed närvikiud juhivad erutust seespool tsentraalorganit paigast paika. Intratsentraalseid närvikiude nimetatakse ka assotsiatsiooni- e. aheldamis- e. sidestamisnärvikiududeks.

Et närvikiud on närviraku jätked, jagunevad ka neid evivad närvirakud sensiibleiks e. tunde- (resp. sensoorseiks e. meele-), motoorseiks e. liigutamis- ja assotsiatsiooni- e. aheldamis- e. sidestamisrakkudeks.

Vastavalt sensiibleile (resp. sensoorseile) ja motoorseile närvikiududele jagunevad ka neist koosnevad närvid sensiibleiks (resp. sensoorseiks e. meele-) tundenärvideks ja motoorseiks e. liigutusnärvideks.

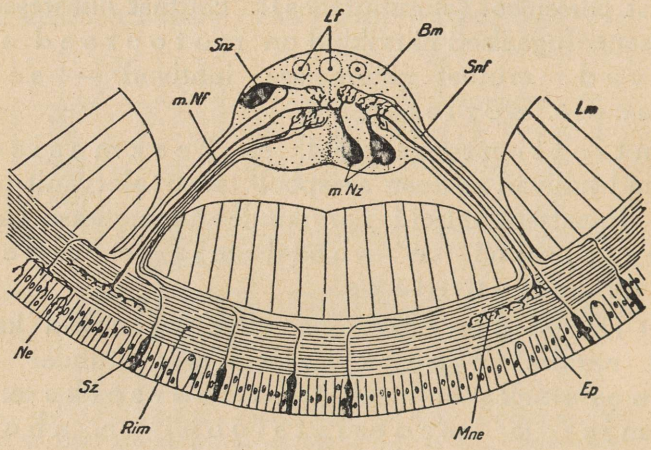
Motoorsete närvide all mõistetakse tavaliselt niihästi liigutavaid (motoorseid) kui ka nõristavaid (sekretoorseid) kiude sisaldavaid närve.

Enamik närvidest on seganärvid, koosnedes niihästi tunde- kui ka liigutus- ja nõristamisnärvikiududest.

Sensiibel närvirakk saab erutust meelerakult või ta ise esineb primaarse e. esmase meelerakuna. Assotsiatsiooninärvirakk võtab erutuse sensiiblilt närvirakult ja annab selle edasi kas motoorsele või sekretoorsele närvirakule või mõnele teisele assotsiatsiooni-närvirakule. Assotsiatsiooni-

närvirakkude arv sensiiblite ja motoorsete (resp. sekretoorsete) närvirakkude vahel võib olla mitmesugune. Kõrgemate loomade tsentraalelundis (näit. inimese ja imetajate ajus) on assotsiatsiooni-närvirakkude hulk suurem kui alamate loomade omas.

Neis paigus, kus naaber-närviraku kiudude (dendriitide ja neuriitide) lõppharud on üksteisega kokkupuutes



Joon. 103. Lihtsaim (lühim) refleksaparaat rõngussil. Bm — kõhuaju; Ep — epidermis e. pealisnahk; Lf — pikikiud, mis erutust kaugele juhivad; Lm — pikilihased; Mne — motoorse (liigutava) närviraku neuriidi (kiudharu) harud, mis närvistavad lihaseid; m. Nf — motoorne närvikiud, s. o. liigutava närviraku neuriit; m. Nz — motoorsed närvirakud; Ne — tundelise närviraku dendriidi (põõsasharu) harud, mis ärritust vastu võtavad; Rim — ringlihastik; Snf — sensiibel (tundeline) kõhuajju suunduv närvikiud, s. o. meelenärviraku neuriit; Snz — meelenärvirakk; Sz — primaarne meelerakk.

(või sidemes), tekib lõppharudest peen närvivilt e. neuripileem. Neuripileem talitleb erutust närvirakult närvirakule üleandva koetisena ja kannab transfertvöötme (ülekande- e. siirdevöötme) e. sünapsise nime.

Tsentraliseeritud närvikava olulisemaid mehhanisme on nn. refleksikaared. Refleksikaar koosneb üle ganglioni (tängu) või tsentraalorgani (näit. selja- või peaaju)

siirduvast sidemest meele-elundi kui retseptori e. vastuvõtja ja lihase või näärme kui efektori e. täideviiva elundi vahel.

Lihtsaim refleksikaar koosneb ainult kahest närvirakust — sensiiblist ja motoorsest. Sensiibel närvirakk, olles ise kas primaarne meelerakk või saades erutuse sekundaarselt meelerakult, annab selle üle motoorsele närvirakule, mille kiudharu närvistab kas lihas- või näärmerakku. Sellist lihtsat refleksikaart leiame näiteks vihmussil (joon. 103).

Kolmest närvirakust (neuronist) koosnevaid refleksikaari leiame näiteks selgroogsete seljaajus. Retseptorina, s. o. erutust vastuvõtva osana esineb siin *spinaalganglioni* e. *selgrootängu* sensiibel närvirakk. Motoorne närvirakk, mille neuriit lõpeb lihases, asetseb seljaaju eesmises hallis tulbas. Seljaaju hallolluses peitub ka assotsiatsiooni-närvirakk, mis erutuse sensiiblist närvirakust üle kannab motoorsele (joon. 104).

Sageli ei lepi erutuslaine refleksikaares kõige lihtsama teega. Selgroogsete seljaajus on erilised unipolaarsed (ühenabalised) assotsiatsiooni-närvirakud pika, kollateraalidega (kaasharudega) varustatud dendriidi ja neuriidiga. Nende abil võib sensiiblist närvirakust tulev erutus piki seljaaju laiali levida ja hulga motoorseid rakke ning neist närvistatud (innerveeritud) lihaseid tööle rakendada (joon. 110, V).

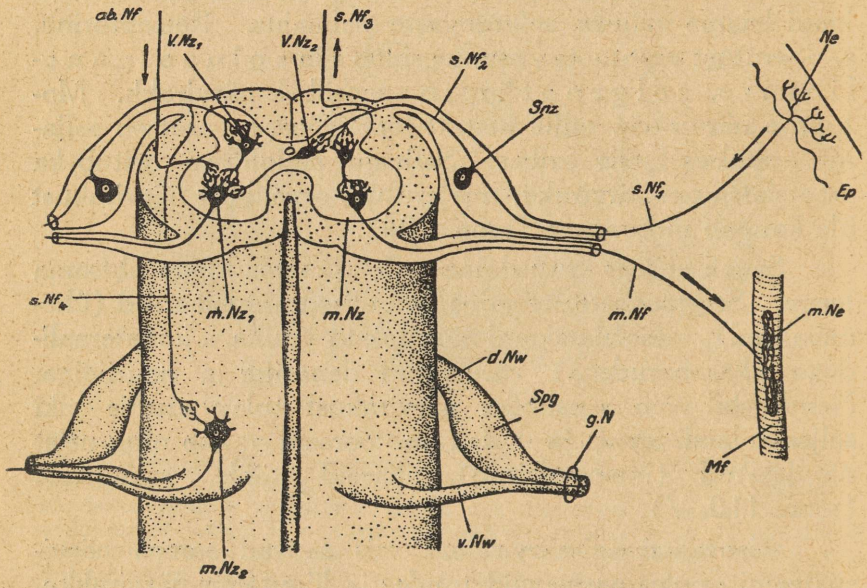
Assotsiatsiooni-närvirakud, mis seovad samas närvisüsteemi pooles asetsevaid tunde- ja liigutamis-närvirakke, kannavad *funikulaarsete* e. *väädi-närvirakkude* ehk ka *konnektiivsete* e. *pikinideme-närvirakkude* nime. Assotsiatsiooni-närvirakud, mis erutust ühest ajupoolest teise toimetavad, on *komissuraalsed* e. *ristinideme-närvirakud* (joon. 104, 105, 110).

Kui refleksikaare piirdepoolses, erutust toovas ja viivas osas, s. o. sensiiblis ja motoorses närvikius närvilaine (neuroküüm) kulgeb dekremendita (s. o. sumbumata tõhususega), toimub refleksikaare tsentraalses osas närvilaine kulgemistõhususe kahanemine — *dekrement*. Ref-

leksikaare tsentraalsed osad väsivad. Dekrement toimub siin vist osalt närvirakus olevas närvikiukeste (neurofibrillide) võrgus, osalt transfert- (ülekande- e. siirde-) vöötmes.

Teiseks refleksikaare keskosa omaduseks on, et erutuslaine kulgeb siin ainult ühes suunas tunde-närvirakust liigutamis- või nõristamisnärviraku poole.

Peale selle on refleksikaare tsentraalsel osal võime erutusi liita. Kui lihtne, ainukordne tunde-närviraku eru-



Joon. 104. Selgroogse seljaaju refleksikaarte skeem. ab. Nf — peaajust seljaajju kulgev närvikiud; d. Nw — selgmine (sensiibel e. tundeline) närvijuur; Ep — epidermis; g. N — seganärv, koosneb tunde- ja liigutamiskiududest; m. Ne — motoorne e. liigutav närvilõpp; Mf — lihaskiud; m. Nf — motoorne närvikiud; m. Nz ja m. Nz1 — samas tasapinnas asetsevad liigutavad närvirakud; Ne — vaba tundeline närvilõpp; S. Nf1 — sensiibel närvikiud, mis juhib erutuse nahast selgrootänku (spinaalganglioni); S. Nf2 — sensiibel närvikiud, mis juhib erutuse selgrootängust seljaajju; S. Nf3 — viimase haru, mis juhib erutuse seljaajust peaajju; S. Nf4 — selgrootängu tundelise raku haru, mis juhib erutuse piki seljaaju allapoole; Snz — meelenärvirakk; Spg — selgrootänk e. spinaalganglion; v. Nw — kõhtmine (motoorne) närvijuur; V. Nz1 — assotsiatsiooni- e. sidestamisrakk, mis seob tundelist kiudu samas seljaaju-pooles esineva motoorse närvirakuga — konnektiivne e. pikinideme-närvirakk; V. Nz2 — assotsiatsioonirakk, mis seob seljaaju ühe poole tundelist rakku seljaaju teises pooles asetseva liigutava rakuga — komissuraalne e. ristinideme-närvirakk.

tus ei suuda liigutamis-närvirakku tööle virgutada, õnnestub see siis, kui tunde-närvirakku ärritatakse korduvalt. Sellised liidetud, summeeritud sensiibli närviraku erutused on suutelised motoorset (resp. sekretoorset) närvirakku tegevusse äratama.

Erutuste summatsiooni nähtusega lähedane on närvirakkude teestamise (Bahnung) nähtus. See seisneb hõlbustavas (kergendavas) mõjus, mida antud refleksile avaldab sellele eelnev erutus, mis on looma tabanud mõnes muus, refleksikaare vastuvõtvast osast erinevas paigas.

Nagu antud refleksile eelnev erutus, nii võib ka mingi järgnev erutus avaldada muutvat mõju refleksitoimele. Sellist refleksitoimet muutvat erutust (ja seda esilekutsuvat ärritust) kutsutakse interkurrentseks e. vaheletulevaks erutuseks (või ärrituseks) ja interkurrentsest erutusest (või ärritusest) muudetud refleksi defleksiks.

Interkurrentne ärritus võib refleksikaare motoorse osa toimele avaldada pärssivat (summutavat, lukustavat) mõju, mis seisneb selles, et refleksikaare motoorse närviraku erutusest tingitud lihase tõmblus või näärme eritus jääb ära.

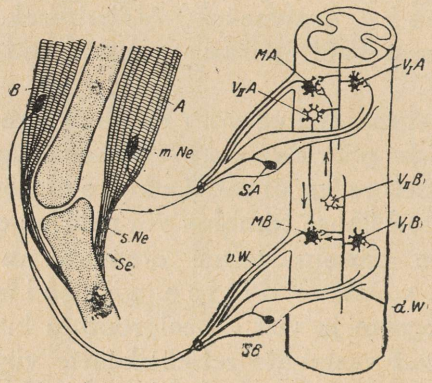
Reflekside pärssimistoime etendab nn. antagonistliku e. vastandilise pärssimisena tähtsat osa selgroogsete ja vist ka selgrootute kulgemisel. Kulgemisel töötavad vastavate refleksikaarte virgutusel painutavad ja sirutavad lihased. Kui refleksikaare motoorne närvikiud erutab kokku tõmbuma painutavat lihast, ärritab see kokkutõmme kokkutõmbunud lihaseis või selle kõõluseis algavaid ja refleksikaare keskmes lõppevaid tundlikke närvikiude. Tundlike närvikiudude erutus aga mõjub refleksikaare motoorse närvikiu kaudu pärssivalt vastavaile sirutavaile lihaseile, põhjustades nende lõtvumist (joon. 105).

Sellist refleksitoimet, mil refleksikaare tunderakku erutab looma enda kudedes toimuv ärritus (näit. lihase kokkutõmbel tekkiv surve), kutsutakse propriotseptiivseks e. omaalgatuslikuks refleksiks

e. omarefleksiks, vastandina eksterotseptiivsele e. välisalgatuslikule refleksile e. välisrefleksile.

Koordineeritud e. kooskorrastatud (rinnastatud) reflekside puhul on samaaegselt tööle rakendatud paljud lihasrühmad.

Niihästi oma- ja välis- kui ka kooskorrastatud refleksid kuuluvad nn. mittetingitud reflekside hulka. Mittetingitud refleksid toimuvad korrapäraselt ja teadvusetult ega allu tahtele. Tavalisil elutingimusil on nad üldiselt otstarbekohased niihästi antud looma isendilise elu kui ka liigielu suhtes. Kui neid esilekutsuv ärritus on sama, siis on nad samasugused kõigil antud liigi samast soost, samas vanusastmes ja samas aine-



Joon. 105. Antagonistlike lihaste närvistuse mehhanism. A — painutaja-lihas e. fleksor; B — sirutaja-lihas e. ekstensor; MA — painutaja-lihast närvistav liigutamisrakk; MB — sirutaja-lihast närvistav liigutamisrakk; m. Ne — liigutav närvilõpp; s. Ne — kõõluses (Se) peituv tundeline närvilõpp; SA — spinaalganglioni (selgrootängu) rakk, mis ammendab propriotseptiivseid (omaalgatuslikke) erutusi painutaja-lihasest; SB — spinaalganglioni rakk, mis saab propriotseptiivseid erutusi sirutaja-lihaselt; VIA ja VIB — assotsiatsiooni- e. sidestamisrakud, mis seljaaju sama segmendi (lüli) piirides erutuse tunderakult liigutamisrakule üle annavad; VIIA ja VIIB — sidestamisrakud, mis juhivad erutuse ühest seljaaju segmendist teise.

Painutaja-lihase (A) kokkutõmbel ärritub tundeline närvilõpp (s. Ne) omaalgatuslikult ja erutus kulgeb rakkude rea SA, VIA, MA kaudu. Sellise propriotseptiivse erutuse tõttu muutub painutaja-lihase kokkutõmme üha tõhusamaks.

Samaaegselt jookseb teine erutuslaine rakkude SA, VIA, VIIA, MB kaudu sirutaja-lihasesse (B), sundides antagonistliku pärssimise teel seda lõtvuma.

vahetusseisundis olevail isendeil. Mittetingitud refleksid on antud loomaliigile niisama eripärased, spetsiifilised kui ta morfoloogiline koetis ja keemiline koostis.

Ehkki alamail loomil on mittetingitud reflekside arv suurem kui kõrgemail, on ka viimaseil paljud elutalitlused, nagu kulgemine, keha tasakaalustamine ruumis, kaitseliigutused jne. lühemate või pikemate refleksikaarte töö tulemuseks.

Üldse on loomade ainevahetuse ja sugulise sigimise talitlused suurelt osa oma- e. proprioretseptiivsed refleksid.

Ka instinktid e. vaistud (loomusunnid) kuuluvad sisemisist või välimisist ärritusist põhjustatud mittetingitud reflekside hulka. Sisemiselt põhjustatud, s. o. propriotseptiivseist refleksidest koosnevad näiteks sellised tähtsad instinktid, nagu on toitumis-, pesaehitamis-, paaritamis- ja lõimetishooldus. Eriti rikkad mitmesuguste vaistude poolest on ühiskondlikud putukad (mesilased, sipelgad, termiidid), linnud ja imetajad.

Kuna putukate ja üldse selgrootute välised elutalitlused põhinevad peamiselt mittetingitud refleksidel, esinevad kõrgemail loomil viimaste kõrval veel nn. tingitud (konditsionaalsed) e. omandatud e. assotsiatsioonirefleksid. Kui samaaegselt refleksi vallandava ärritusega looma erutab veel mingi teine ärritus, mis üksinda refleksi esile ei kutsu, ja kui see toimub korduvalt, siis võib lõpuks see teine ärritus antud refleksi tekitada ka üksinda (s. o. ilma ürgselt refleksi vallandava ärrituseta).

Assotsiatsioonirefleksi tekkimist loomadel seletavad Pavlov'i katsed koeraga. Koerale pisteti kellahelina saatel suhu toitu, mis reflektoorselt kutsus esile rikkaliku süljevoolu. Korduval toitmisel samaaegse helistamisega tekkis koera närvisüsteemi keskelundis assotsiatsioon e. sidestus (aheldus) toidutaju ja helitaju vahel. Sellise assotsiatsiooni tõttu hakkas lõpuks koeral sülge suhu nõrguma ka siis, kui kella helistati, aga toitu ei antud.

Vastandina sünnipärasele mittetingitud refleksile on assotsiatsioonirefleks

kogemuspärane ja põhineb antud erutuste kordumisel mitmesuguseil tingimusil, s. o. õppimisel.

Kuna mittetingitud refleksid on päritud ja pärandatavad, samuti kui neid kandvad närvikoetised, pole assotsiatsioonirefleksid eellasilt päritud ega järglasile pärandatavad. Need esinevad ainult neil isendeil, kes need isikliku kogemuse teel on omandanud, ja kannavad seepärast ka omandatud reflekside nime.

Assotsiatsioonirefleks on seletatav ainult selle oletusega, et tunde-närvikiududes kulgev närvilaine (neuroküüm) looma närvisüsteemi keskelundi vastavas osas (peaajus) jätab enesest alale mingi materiaalse märgi e. jäljendi, mis püsib ka siis, kui erutus on kadunud.

Selliseid meele-erutusist ja liigutusajedest põhjustatud märke närvikava tsentraalorgani vastavas paigas (peaajus) nimetatakse engrammideks ja nende kogu mnemeks e. mälundiks.

Ühtlasi tuleb oletada, et samaaegselt tekkivad engrammid on üksteisega ühenduses ja püsivad selles seisundis ka hiljem.

Eriti võimelised peaajus engramme talletama ja neid kui mineviku kogemusi oleviku toiminguis kasutama on inimene ja teised imetajad loomad, eeskätt ahvid, koer, hobune.

Inimesel vastab peaajus engrammi tekitavale erutusele (närvilainele e. neuroküümile) meelelis-vaimne protsess — aisting ja nende toimel tekkiv taju. Kui antud ärritusest peaajus esilekutsutud taju on kadunud, võib sellest tekitatud engramm ilma vastava tajuta uuesti elustuda kui kujutelm. Engrammide kogumikule e. mnemele vastab neist põhjustatud kujutelmade kogu — mälu.

Aisting, taju ja kujutelm on teadvuslikud hingelised elamused. Sarnasuse alusel, mis valitseb inimese ja kõrgemate selgroogsete närvisüsteemi vahel, tohime oletada, et ka viimaseil võib esineda meie omaga vastavais piirides sarnlev teadvus. Raskem aga on oletada teadvust neil

loomil, kel närvisüsteemi ehitus põhjalikult erineb inimese omast (näit. putukail, peajalgseil limuseil).

Kõrgemail loomil on närvisüsteemi keskelundid (näit. selgroogseil pea- ja seljaaju) eri talitluste sooritamiseks eriosad välja arendanud. Me leiame siin hulga ühesuguste närvirakkude rühmast koosnevaid närvitsentrumeid e. -keskmeid ja neid omavahel ühendavaid närvikiududest koosnevaid kulglaid e. traktusi.

Närvikeskmed võib nende talitluse alusel liigitada sensiibleiks, motoorseiks, koordinatsiooni- ja assotsiatsioonikeskmeiks.

Sensiiblid närvitsentrumid e. tunde-närvikeskmed on lõppjaamadeks meele-elundeist siia saabuvaile erutusile.

Motoorsed närvitsentrumid e. liigutamis-närvikeskmed närvistavad asjaomaseid lihaseid ja näärmeid.

Koordinatsiooni-närvitsentrumid e. kooskorrastamis-närvikeskmed korrastavad ja kooskõlastavad sensiiblite närvitsentrumite abil motoorsete närvitsentrumite tööd.

Assotsiatsiooni-närvitsentrumid e. sidestamis- (aheldamis-) närvikeskmed saavad erutusi mitmesuguseist tunde-närvikeskmeist ja kujundavad neist mitmesuguseid kombinatsioone. Teiselt poolt saadavad nad läbitöödeldud erutusi (aje-erutusi) koordinatsioonitsentrumeisse.

Erilistes assotsiatsioonikeskmeis tekivadki siia saabunud erutusist ülalmainitud engrammid e. jäljendid, mis inimesel ja oletatavasti ka real kõrgemail loomil on kujutlemise ja mõtlemise, mälu ja intelligentsi aluseks.

Tsentraliseeritud närvisüsteem esindab rea vahevormidega eri vorme, millised võib rühmitada kolmeks tüübiks: väädi-, tängu- ja torutüübiks.

Kui kujutella, et difuusses (hajusas) närvisüsteemis tekivad võru- või tüvekujulised närvirakkude koondised,

saame väädi tüüpi närvikava. Närviväädid võivad olla kas ringjad või sirged.

Hüdromeduusidel leiame kummiku servas kaks teineteisega ühenduses olevat rõngasjat närviväädi, millest välimine saab erutusi meeleriistadelt, kuna sisemine juhib erutusi lihaseisse.

Sküfomeduusidel (e. karikloomil) esineb kummiku servas ringiline rida ganglioni laadi närvirakkude kogumikke, mis on ühenduses kummiku serval olevate meele-elunditega. Mõnedel ühendab neid tänkjaid närvirakkude kogumikke kummikualune (subumbrellaarne) närvirõngas. Selline närvisüsteem on seega osalt tänkjas, osalt väätjas.

Et meduusidel ühes väädi ja tängu laadi arenditega esineb ekto- ja entodermi vahel hajus närvirakkudest võrk, esineb nende närvisüsteem difuusse ja tsentraliseeritud närvikava tüübi ühendlusena.

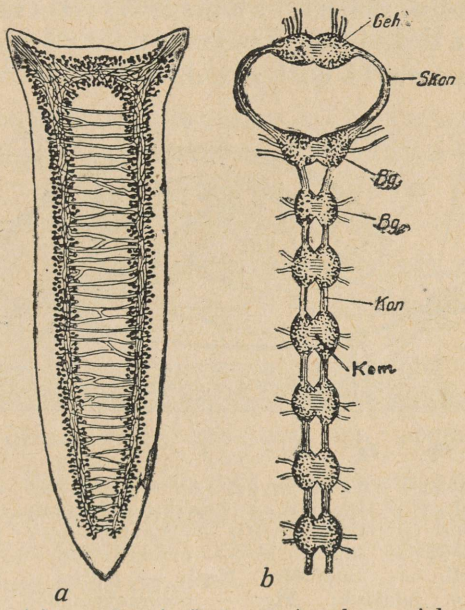
Nahaepiteeliga (ektodermiga) tihedas ühenduses olevat väädi tüüpi närvisüsteemi leiame okasnahkseil. Neil ümbritseb suuava rõngasjas närvirakkudest ja -kiududest väät — ringväät, millest kiirjad väädid — kiirväädid suunduvad kiirharudesse. Peale nahaga ühenduses oleva närvirõnga ja -kiirte peitub neil sügavamas kehaseinas samakujuline närvikava-osa (joon. 138, Rin, Ran).

Seoses pea väljaarenemisega kahekülgselt sümmeetrilisil selgrootuil loomil ja kulgemisega pea ettepoole esinevad enamikul neist peapiirkonnas kogukad peaajutängud e. tserebraalganglionid, arvult tavaliselt kaks, harvemini üks. Peaajutängud saavad erutusi peas asetsevailt meele-elundeilt ja närvistavad eeskätt suu- ja neelupiirkonna lihastikku. Nad esinevad keskelunditena.

Väädi tüüpi närvisüsteemis, nagu see esineb alamail ussidel (näit. rips-, imi- ja paelussilisil, kärss- ja ümmarussidel) ja ürg- (külgnärviga) limuseil, siirduvad peaajutänkudest kehasse paar või rohkem tugevat närvirakkudest ja -kiududest pikiväädi, mida tavaliselt ühenda-

vad peenemad ristinidemed (komissuurid) (joon. 106, vasemal).

Vähestest tängupaaridest koosnevat ganglioni tüüpi närvisüsteemi leiame limuseil. Peale tserebraaltängupaari esineb siin veel jalas asetsev pedaalganglioni- e. jalatängupaar, mantli serva närvistav pleuraalganglionipaar ja sisi-



Joon. 106. Usside närvisüsteemi skeemid. a — ripsussi väädi tüüpi närvisüsteem; b — rõngussi kõis-(nöör-)redel-närvisüsteem; Geh — suprafarüngeaalne e. neeluüline ganglionipaar; Bg_1 — infrafarüngeaalne e. neelualune tängupaar; Skon — supra- ja infrafarüngeaalset ganglioni siduv konnektiiv e. nn. neelukonnektiiv; Bg_2 — kõhuganglion; Kon — konnektiiv e. pikinide; Kom — komissuur e. ristinide.

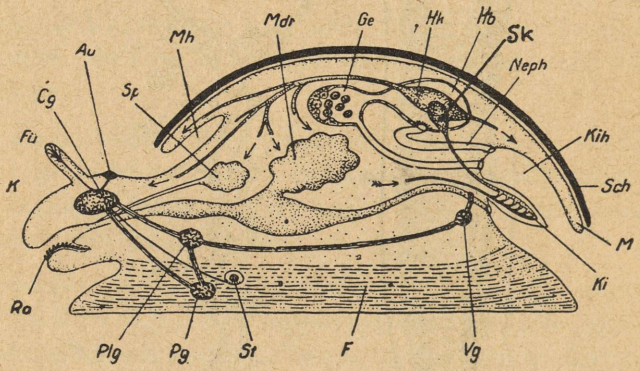
kondade piirkonnas leiduv vistseraal- e. sisikonna-tängupaar (joon. 107).

Igaüks neist ganglionipaaridest saab erutuse vastavaist meele-elundeist — tserebraaltängud tundlaist ja silmadest, pedaaltängud kuulmepõiekesest e. statotsüstist, vistseraaltängud mantliõõnes olevailt keemilisilt meele-elundeilt, nn. osfraadiumelt e. haistlailt. Peale ülalmainitute võivad limuseil esineda veel mõned teised tängupaarid, näiteks pariе-

taalsed e. seinapidised, bukaalsed e. (põse-)neelutängud jt.

Kõik tängupaarid on risti- ja pikinidemete (komissuuride ja konnektiivide) varal üksteisega seotud.

Peajalgseil limuseil ühinevad kõik tähtsamad ganglionipaarid tserebraalganglionidega üheksainsaks suureks peas asetsevaks ganglionikogumikuks. Viimases on katseliselt kindlaks tehtud niihästi sensiiblid (sensoorsed) ja motoorsed kui ka koordinatsiooni- ja assotsiatsioonikeskmed.



Joon. 107. Limuse anatoomia. Au — silm; Cg — tserebraalganglion e. peaajutänk; F — jalg; Fü — tentaakel e. kombits; Ge — genitaalõõs e. sugunäärme-õõs (= tsöloom); Hb — südamepaun e. perikard; Hk — südamevatsake; Ki — lõpus; M — mantel; Mdr — kesksoole-nääre (nn. maks); Mh — mantliõõs; Neph — nefriid e. toruneer; Pg — pedaalganglion e. jalatänk; Plg — pleuraalganglion e. pleuraaltänk; Ra — raadula e. hõõrel; Sch — koda; Sk — vasem südamekoda; Sp — süljenääre; St — vaagpõieke; Vg — vistseraalganglion e. sisikonnatänk.

Eriliseks ganglioni tüüpi närvisüsteemiks on enamikul rõngussidest ja lülijalgseist esinev köis-(nöör-)redelnärvkond (joon. 106, paremal). Viimane koosneb suuremast või vähemast arvust komissuuride ja konnektiividega ühendatud ganglionipaaridest. Peale kõige eespoolsema, pea piirkonnas asetseva suprafarüngeaalse e. neeluülise ganglionipaari asetsevad kõik teised ganglionipaarid looma kõhupoolsel küljel, moodustades nn. kõhuaju. Esimene kõhupoolne ganglionipaar, nn. infrafarüngeaalne e. neelualune tängupaar on

seotud pikinidemete varal suprafarüngeaalse tängupaariga neelu ümbritsevaks võrujaks arendiks — neeluvõruks.

Ürgselt kuulub lülijalgseil igasse segmenti (metameeri e. rivisarnikusse) üks ganglionipaar. Kuid vastavalt metameeride ühteliitumisele ja sellest tingitud keha lühenemisele väheneb ka kõhtmiste tängupaaride arv nende omavahelise ühtimise tõttu. Mõnedel (näit. krabidel ja kahekopsulisil ämblikel) on kõik kõhtmised ganglionipaarid ühiseks suureks tähekujuliseks tänguks ühte liitunud.

Peale tängupaaride liitumise pikisuunas võivad tängud tängupaarides ühineda ka ristisuunas (näit. paljudel rõngussidel, skorpionil). Selline närvisüsteem meenutab helmes-(pärli-)nööri.

Kõrgemail rõngussidel (hulkharjaselisil) omab neelupealne liitganglion e. peaaju e. ürgaju (*archicerebrum*) erilisi paaris arendeid, nn. seenjaid kehi (*corpora pedunculata*). Seenja keha poolkerajas ülaosa koosneb unipolaarseist assotsiatsiooni-närvirakkudest (gloobulirakkudest), õhem jalg-(vars-)osa aga nende kiududest.

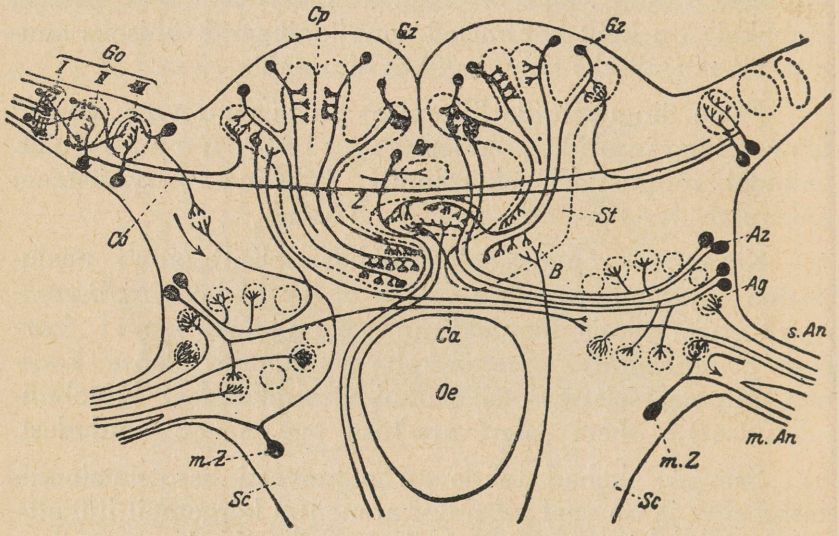
Seenjad kehad talitlevad nähtavasti assotsiatsioonikeskmeina ja on veel paremini arenenud kõrgemail lülijalgseil (vähkidel ja putukail), kelle peaaju ületab oma eristumisastmelt rõngusside oma.

Vähkide ja putukate peaaju koosneb kolmest osast: proto-, deuto- ja tritotseerebrumist.

Prototseerebrumiga e. aju pea-(esi-)osaga on seotud liit-(fassett-)silmade optilised ganglionid (nägemiskeskmed), seenjad kehad ja kaks teist erilist assotsiatsioonikeset (nn. tsentraalkeha ja prototserebraalsild). Ühiskondseil kiletiivalisil (mesilasil, sipelgail) on seenjad kehad enam arenenud töölisil kui leskedel (isaseil) ja emadel. Et töölised omavad rohkemaid ja mitmekesisemaid instinkte kui lesed ja emad, tuleb oletada, et seenjad kehad on kõrgema hingeelu elundeiks (joon. 108).

Deutotseerebrumiga e. aju teisosaga on ühenduses putukail tundlad ja vähkidel I tundlapaar. See ajuosa sisaldab sensiibleid ja motoorseid tundlakeskmeid (antennitsentrumeid). Viimased koosnevad haistmis- ja kompimiskeskmeist (joon. 108).

Ühes tundlatega (antennidega) puudub ämblikel ka deutotseerebrum.



Joon. 108. Tähtsamad närviteed (e. kulglad) putuka peaaju proto- ja deutotserebraalses osas. Piiratud neuripileemi- e. närvivildi-alad on joonistatud täpilise joonega. Ag — antennide e. tundlate päsmakesed (*glomeruli*); m. An — liigutav antenninärv; s. An — tundeline antenninärv; Az — tundeline antennikese (haistmiskese); B — peaaju põrk; Br — prototserebraalsild; Ca — antennaalkomissuur e. tundlaristinide (haistmisristinide); Co — optiline komissuur e. nägemisristinide; Cp — seenjad kehad; Go — *ganglion opticum* e. nägemistänk (I—III ta 3 neuripileemimassi); Gz — gloobulirakud (ümmarrakud); m. Z — liigutajarakk; Oe — paik, mida läbib neel; St — vars; Z — keskkeha; Nooled tähistavad lühikesi antennide liikumise refleksikaari.

Proto- ja deutotseerebrum üheskoos vastavad rõngusside arhitseerebrumile (ürgpeaajule), s. o. neeluülisele e. suprafarüngeaalsele ganglionile.

Tritotseerebrum e. aju kolmasosa närvistab vähkidel II tundlapaari ja ämblikel kelitseere e.

lõugtundlaid. See ajuosa on kuulunud ürgselt kõhuajule (-ahelale).

Lülijalgseil on refleksid vastavalt nende kehalülide suuremale eristumisele ja liigestatud jäsemeile rikkamad ja mitmekesisemad kui rõngussidel. Nende kõhuajus on koordinatsiooni-(kooskorrastus-)keskmeid kulgemis-, enesekaitse-, söömis- ja sugutamisliigutustele. Peaajus aga sisaldub kõrgem koordinatsioonitsentrum, mis kooskõlastab kõhuaju reflekse ja neid virgutab või pärsib. Peale sensiiblite, koordinatsiooni- ja assotsiatsioonikeskmete on peaajus motoorsed tsentrumid, mille tegevus tingib keha- ja jäsemelihaste normaalset pingust e. toonust.

Toru tüüpi närvisüsteemi leiame mantelloomade looteil, süstikkalal ja selgroogseil. Närvisüsteemi keskelund (tsentraalorgan) — aju tekib loote seljapoolel pikisuunalise epidermise nõvana või vaona, mis hiljem toruks koondudes naha alla vajub.

Seljaaju. Peale eesmise osa, millest kujuneb peaaju (*encephalon*), areneb suurem osa loote ajutorust seljaajuks (*medulla spinalis*). Seljaaju läbib peen seljaaju- e. keskmekanal (*canalis centralis*), mida vooderdab ependüüm e. ajuvooderdis. Seljaaju sisemine osa esineb kaheks või kolmeks tulbapaariks (*columnae*) eristunud ja ristilõigus liblika kuju omava hallollusena (*substantia grisea*) (joon. 104).

Hallollus koosneb peamiselt liigutamis- ja sidestamisnärvirakkudest, mis paiguti moodustavad tihedamaid kogumikke, nn. tuumasid (*nuclei*). Tuumad ja üldse hallollus talitlevad seljaajuga seotud reflekside keskmetena.

Seljaaju refleksikeskmeist on suurem osa liigutavad (motoorsed). Neid liigutavaid refleksikeskmeid reguleerivad assotsiatsiooni-(sidestamis-)rakkudest koordinatsiooni-(kooskorrastamis-)keskmed, mis töötavad selgrootänkude (spinaalganglionide) tunde-närvirakkude kontrolli all. Sel viisil toimuvad teadvusetud kulge-

misliigutused (kala ujumine, mao roomamine, linnu lendamine), enesekaitseliigutused, paaritamisliigutused.

Peale äsja mainitud nn. somaatiliste e. kehaliste reflekside sooritab seljaaju veel vistseraalseid e. sisuslikke reflekse — näärmete nõristamist, sisikondade (näit. sooltoru, emaka) ja veresoonte liikumisi, seemne- ja kusepõie tühjendamist jne.

Seljaaju hallollust ümbritsev närvikiududest koosnev valgeollus (*substantia alba*) esineb pikisuunaliste selgmiste, külgmiste ja kõhtmiste väätidena (*funiculi*). Väädid on eristunud kimpudeks (*fasciculi*) — lühikesteks ja pikkadeks. Kimbud on koos närvikiududest: lühikesed — assotsiatsiooni-närvirakkude neuriitidest ja dendriitidest, pikad — osalt assotsiatsiooni- ja osalt selgrootänkude (vt. alamal) tunde-närvirakkude neuriitidest.

Et seljaaju vääte koostavad kimbud talitlevad erutuste liiklemisteedena, kutsutakse neid ka kulglaiks (*tractus*). Ühtesid pikki kulglaid kaudu suunduvad erutused seljaajust peaajju, teiste kaudu peaajust seljaajju.

Seljaajust väljuvad seljaaju-närvipaarid (*nervi spinales*) (inimesel 31). Iga seljaaju-närv algab kahe juurega: selgmisega ja kõhtmisega (*radix dorsalis* ja *ventralis*) (joon. 104, 105, 110, 113).

Selgmine närvijuur on varustatud puhetisega, nn. spinaal- e. selgrootänguga (*ganglion spinale*). Spinaaltänk on tunde- (sensiibleist) närvirakkudest ja selgmine närvijuur ta harudest. Neist harudest siirdub neuriit (kiudharu) seljaajju, dendriit (põõsasharu) närvi.

Imetajail on selgmine seljaaju närvijuur tundeline. Selle kaudu saabuvad erutused vastavaist kehaosadest seljaajju. Teistel selgroogseil sisaldavad selgmised närvijuured ka liigutamisrakkude kiude.

Seljaaju-närvide kõhtmised juured on hallolluse kõhtmisis ja külgmisis tulpades olevate liigutamisrakkude kiudharudest (neuriitidest). Nende kaudu kulgevad liigutamiserutused lihaseisse ja nõristamiserutused näärmeisse.

Üsna spinaaltängu naabruses ühinevad selgmine ja kõhtmine juur ühtlaseks närviks. Kõik seljaajust algavad närvid on seega seganärvid.

Mitte kaugel selgmise ja kõhtmise juure ühinemispaigast jaguneb iga seljaaju-närv kolmeks haruks: selgmiseks, kõhtmiseks ja sisuslikuks. Selgmine ja kõhtmine haru suunduvad kehaseina, jäsemeisse ja nahasse, sisuslik aga sisikondadesse.

Jäsemeid innerveerivad närvid ühinevad enne jäsemesse siirdumist kummalgi pool üksteisega, moodustades põimiku (*plexus*), millest vabad närvid suunduvad jäsemeisse.

Peaaju. Juba nõvaseisundis leiame ajutoru eesosal kaks puhetist — eesmise arhenkeefaloni e. ürg-(pea-)aju esisugeme ja tagumise deuterenkeefaloni e. ürg-(pea-)aju-tagasugeme. Hiljem tekib nende vahel kolmas puhetis ja siis kujuneb arenev peaaju kolmeks põieks sulguvaks osaks: prosenkeefaloniks e. eesajuks, mesenkeefaloniks e. keskajuks ja rombenkeefaloniks e. rombajuks.

Eesaju kummalgi küljel pungub esmalt põie-, hiljem karikakujuline jätke. Viimane, silmaaju e. oftalmenkeefalon, areneb hiljem silma võrkkestaks (*retina*) ja mustpiigeks (*stratum pigmenti*).

Samaaegselt eristub eesaju kaheks osaks — eesmiseks otsajuks e. telenkeefaloniks ja tagumiseks vaheajuks e. dienkeefaloniks, millega on ühendatud silmasugemed.

Otsaju eesotsast eristub paar ninaaju e. rinenkeefaloni nime kandvat jätket, millest hiljem arenevad haistmissagarad (*lobi olfactorii*).

Ka rombaju kujuneb kaheks teineteise taga asetsevaks osaks: tagaajuks e. metenkeefaloniks ja järelajuks e. müelenkeefaloniks.

Otsaju nimetatakse ka suurajuks (*cerebrum*),

tagaaju väikeajuks e. ajukeseks (*cerebellum*), järelaju piklikuks ajuks (*medulla oblongata*). Mõned autorid (Rauber-Kopsch) nimetavad suurajuks otsaju ühes vahe- ja keskajuga, teised (Gray) otsaju ühes vaheajuga.

Seega koosneb selgroogse väljaarenenud peaaju viiest üksteisele järgnevast osast: suur-, vahe-, kesk-, väike- ja piklikust ajust (joon. 109).

Seljaajust peaajju siirduv kanal paisub mõnes peaajuosas avaramaks ruumiks — ajuvatsakeseks (*ventriculus cerebri*), mida ümbritseb ependüümist vooderdatud ja valgeollusest kaetud hallollus. Hall- ja valgeolluse paksus mitmesuguseis ajuosades on väga erinev. Mõnes paigas, näiteks pikliku aju laes, puudub närvikude hoopis, lae koosnedes ainult ajuvooderdisest (ependüümist) ja sellega ühtekasvanud veresoonerohkest sisemisest ajukelmest (ajukestast).

Kuna seljaaju valgeollus on üldiselt hallolluse-vaba, sisaldab peaaju valgeollus paiguti hallollusest tänke e. tuumi.

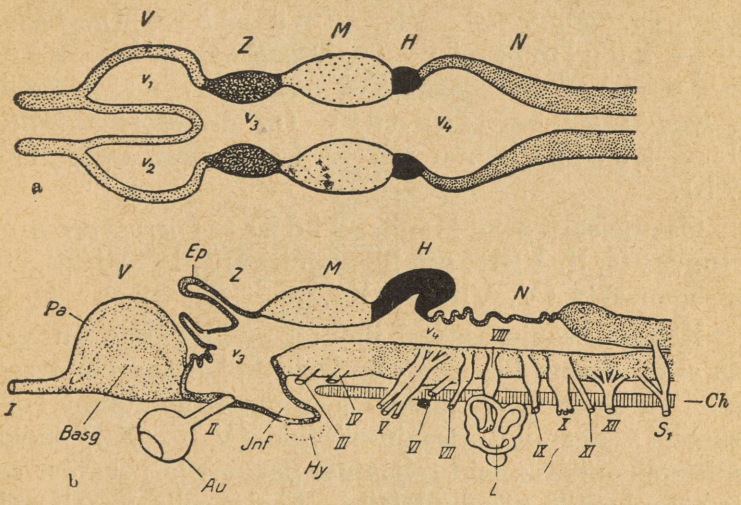
Väikeaju ja roomajaist alates ka suuraju katab õhuke kiht hallollust (inimese suurajul umbes 3 mm, väikeajul 1 mm).

Nagu seljaajuski, talitleb peaaju valgeollus erutuste juhtmetena, hallollus aga erutust muutvate keskmetena (tsentrumitena). Nii sisemises kui ka välimises hallolluses leiame tunde- (sensiibleid), liigutamis- (motoorseid), kooskorrastamis- (koordinatsiooni-) ja sidestamis-(assotsiatsiooni-)keskmeid. Kõige tähtsamaid ja kõrgemaid närvikeskmeid esindab suur- ja väikeaju kattev välimine hallollus. Suurajukoore keskmed kannavad kortikaalsete tsentrumite e. ajukoore närvikeskmete nime, vastandina kõigile muile neile alluvaile subkortikaalseile tsentrumeile e. ajukoorealuseile närvikeskmeile.

Peaaju kortikaalsed ja subkortikaalsed tsentrumid või-

vad m u u t a (kiirustada, aeglustada) või koguni p ä r s s i d a (summutada) seljaaju keskmete tööd. See peaaju kontroll seljaaju tegevuse üle on kõige täiuslikum inimesel ja muil imetajail.

Kaladest imetajate suunas k a s v a b üldiselt peaaju kogus seljaaju suhtes ja tüsistuvad selle talitlused.



Joon. 109. S e l g r o o g s e p e a a j u s k e e m i d. a — frontaal-lõik. b — sagitaal-lõik peaajunärvidega. Otsaju e. telenkeefalon (ka suuraju e. tseerebrum) on eristunud paremaks ja vasemaks, haistmissagaraga lõppevaks poolkeraks; Basg — põhimiktänk e. basaalganglion (vöötkeha); Pa — ajusõba e. pallium; Z — vaheaju e. dienkeefalon, mille lae väljasopistiseks on epifüüs e. ajukäbi — Ep; vaheaju põhi moodustab väljasopistise lehtri — Inf (*infundibulum*), millel ripub hüpofüüs e. ajuripats — Hy; vaheaju külgedest (kõhtmiselt) väljuvad silmad — Au; vaheaju frontaallõigus näeme vaheaju külgseinte puhetisi, nn. nägemiskühme (*thalami optici*); M — keskaju e. mesenkeefalon; H — tagaaju e. metenkeefalon (ka väikeaju e. tserebellum); N — järelaju e. müelenkeefalon (ka piklik aju) on õhukese laega. Peaajus sisalduv ruum on eristunud ajuvatsakesiks: v1 ja v2 — külgvatsakesed ots- e. suuraju poolkerades, v3 — vaheajuvatsake; v4 — järelaju- e. pikliku aju vatsake.

I—XII — peaajunärvid: I — haistmisnärv (*nervus olfactorius*), II — nägemisnärv (*n. opticus*), III — silmaliigutaja-närv (*n. oculomotorius*), IV — plokknärv (*n. trochlearis*), V — kolmiknärv (*n. trigeminus*), VI — silmapööraja-närv (*n. abducens*), VII — näonärv (*n. facialis*), VIII — kuulmisnärv (*n. acusticus*), IX — lisanärv (*n. accessorius Willisii*), X — uitnärv (*n. vagus*), XI — keeleneelunärv (*n. glossopharyngeus*), XII — keelealune närv (*n. hypoglossus*).

S1 — esimene seljaajunärv; Ch — seljakeelik e. korda; L — kõrvakeerustik e. -labürint e. sisekõrv.

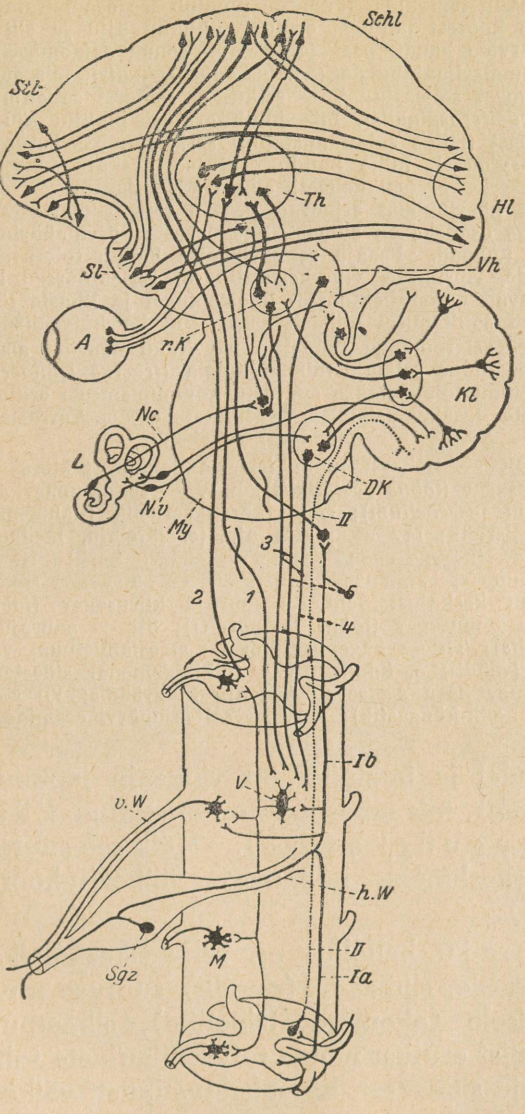
Peaaju omab kas 10 (kaladel, kahepaikseil) või 12 (roomajail, lindudel, imetajail) närvipaari. Neid tähistatakse rooma numbritega: I — haistmisnärv (*nervus olfactorius*), II — nägemisnärv (*n. opticus*), III — silmaliigutaja-närv (*n. oculomotorius*), IV — plokknärv (*n. trochlearis*), V — kolmiknärv (*n. trigeminus*), VI — silmapööraja-närv (*n. abducens*), VII — näonärv (*n. facialis*), VIII — kuulmisnärv (*n. acusticus*), IX — keeleneelunärv (*n. glossopharyngeus*), X — uitnärv (*n. vagus*), XI — lisanärv (*n. accessorius Willisii*), XII — keelealune närv (*n. hypoglossus*) (joon. 109 b).

Osa neist peaajunärvidest (*nervi cerebrales*) on tunde- (I, II, VIII), osa liigutamis- (III, IV, VI, XI, XII), osa seganärvid (V, VII, IX, X).

Kõigist peaaju-osadest ilmutab piklik aju erinevate selgroogsete klasside esindajail kõige suuremat sarnasust. Ta sisaldab sensiibleid ja motoorseid tuumi (närvikeskmeid) enamiku peaaju-närvide (V — XII) jaoks ja assotsiatsioonikeskmeid seljaajust peaajju ja peaajust seljaajju suunduvaile närvikulglaile. Peale selle omab piklik aju koordinatsioonikeskmeid mitmesuguseile reflekstalitlusile (näit. imemine, neelamine, köhimine, aevastamine, oksendamine) ja automaatselt töötavaid koordinatsioonikeskmeid hingamis-, südame- ja veresoonte-liigutusile.

Väikeaju korrastab ja kooskõlastab looma tahtele alluvate kehalihaste tööd ja reguleerib lihaste pinguste. toonust. Erutused, mida väikeaju seks tööks vajab, saab ta vastavate kulglate ja närvide kaudu lihaseist, kõõluseist, liigeseist, nahast, kõrvakeerustikust (pöörlemis- ja raskusmeel), samuti ka eespoolsemaist peaaju-osadest (joon. 110).

Vastavalt oma ülesandele on väikeaju vähe arenenud vähem osavalt kulgevail selgroogseil (sõõrsuuseil, konnadel, roomajail) ja hästi arenenud kaladel, eriti aga lindudel ja imetajail (joon. 111).



Joon. 110. Tähtsamad närvistamis- (innervatsiooni-) teed selgroogsete selja- ja peaajus. × — näitab närvikiudude (resp. neist koosnevate kimpude e. kulglate) ristumist. 1 — külgväädi püramiidkulgla (*tractus pyramidalis lateralis*); 2 — eesväädi püramiidkulgla (*tractus pyramidalis anterior*); püramiidkulglate kaudu kantakse teadlikust tahtest põhjustatud erutuslained suuraju koorest seljaaju hallollusesse ja siit seljaajunärvide kaudu vöötlihaseisse (s. o. kere ja jäsemete tailihasse), virgu-

tades neid kokku tõmbuma. (Joonisel puudub see osa püramiidkulglast, mis juhib suuraju koorest tahtelisi erutusi piklikku ajju ja siit liigutamis- ja sega-peaajunärvide kaudu pea- ja kaelapiirkonna asjaomaseisse lihastesse.) 3 — punatuuma-seljaajukulgla (*tractus rubrospinalis*), mis suundub keskaju sidestamistuumast seljaajju; 4 — esiku- e. Deitersi seljaajukulgla (*tractus vestibulo-* e. *deiterospinalis*), mis juhib erutusi pikliku aju nn. esiku- e. Deitersi tuumast (tähtis sidestamistuum) seljaajju; 5 — katuse-seljaajukulgla (*tractus tectospinalis*), mille kaudu erutused keskaju ülaseinast (katusest e. nelikkehast) siirduvad seljaajju.

Kolm viimast närvikulglat esinevad peaaju refleksikaarte viivate osadena, kuna toovateks osadeks on silmast, sisekõrvast (kõrvalabürindist) ja väikeajust tulevad kulglad. Peaaju refleksikaarte kaudu toimuvad silma ja ta osade (laugude, ripslihase, vikerkesta lihase) reflektoorsed liikumised. Samuti korraldavad nad reflektoorset lihastepinget ja lihaste tööd keha tasakaalu säilitamisel niihästi seisu- kui ka kulgemisolekul.

I a ja I b — selgrootängu tundelise närviraku neuriidi alanev ja ülenev haru; II — tagumine seljaaju-väikeajukulgla (*tractus spinocerebellaris posterior*); I b kaudu toimetatakse suurajju kompimismeele erutused; II kaudu toimuvad keha tasakaalustamise ja liikumiste kooskorrastamise (koordinatsiooni) refleksid.

A — silm; DK — Deitersi tuum (sidestamistuum piklikus ajus); Hl — suuraju kuklasagar (*lobus occipitalis*); h. W — seljaajunärvi tagumine juur; Kl — väikeaju (*cerebellum*); L — kõrvakeerustik (-labürint) e. sisekõrv; M — liigutamisrakk; My — piklik aju (e. järelaju, *medulla oblongata*); Nc — tigunärv (*nervus cochlearis*) (VIII närvi haru); N. v — esikunärv (*nervus vestibularis*) (VIII närvi haru); r. K — punatuum (*nucleus ruber*) — sidestamistuum keskajus; Schl — suuraju kiirusagar (*lobus parietalis*); Sl — suuraju oimusagar (*lobus temporalis*); Stl — suuraju otsmikusagar (*lobus frontalis*); Th — nägemiskühm — sidestamistuum vaheajus; V — funikulaarne (väädi-) e. konnektiivne (pikinidemene) sidestamisrakk, mille ülenev ja alanev haru asetsevad seljaaju külgväädis; Vh — keskaju lagi (nn. nelik-küngastik); v. W — seljaajunärvi eesmine juur.

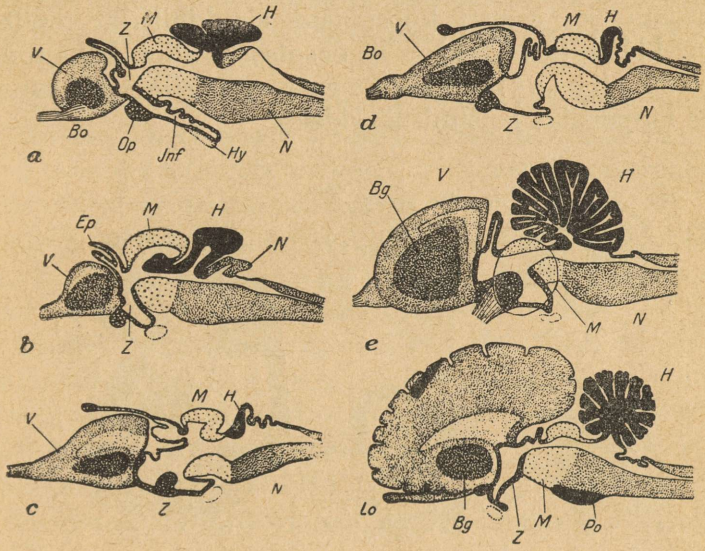
Lindudel ja imetajail on väikeaju jaotatud s a g a r a i k s (*lobi*), mis omasoodu on eristunud k ä ä r u d e k s (*gyri*) ja v a g u d e k s (*sulci*). Kõik see suurendab kooskorrastamiskeskmeid hõlmavat väikeaju-koore pindala (joon. 111).

K e s k a j u hallollus on refleksikeskmeiks silmalaugude liigutusile, silmaava (pupilli) suuruse muutusile, silmaseadumisele (akommodatsioonile), silmamuna liigutusile. Tundelist erutust nende refleksliigutuste toimetamiseks saab keskaju silmadest, kõrvakeerustikust, väikeajust, seljaajust, suurajust.

Alamail selgroogseil ja osalt ka lindudel on keskaju tähtsaks assotsiatsioonikeskmeks, kus sidestatakse mitmesugused meelte-erutused. Vastavalt sellele on keskaju alamail selgroogseil ja lindudel suhteliselt tugevam kui imetajail.

Keskaju sügavamad osad (näit. punatuumad — *nuclei rubri*) korrastavad reflektoorselt lihaste pingust ja keha tasakaalu niihästi seisul kui ka kulgemisel (joon. 110, r. K).

V a h e a j u. Imetajail on vaheaju külgseintes olevad hallollusest tuumad, nn. n ä g e m i s k ü h m u d (*thalami optici*) tähtsaks vahejaamaks, kus lõpevad alamaist (tagapoolsemaist) ajuosadest tulevad närvikiud ja algavad

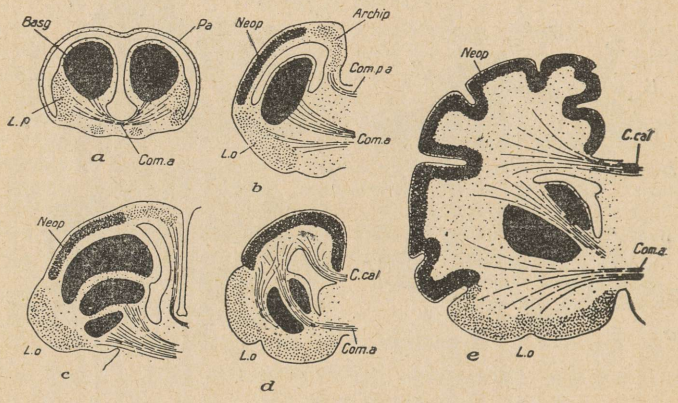


Joon. 111. S e l g r o o g s e t e p e a a j u d e p i k i l õ i g e t e s k e e m i d. a — haikala; b — luukala; c — kahepaikne (konn); d — roomaja; e — lind; f — imetaja. Bg — basaalganglion e. põhimiktänk (vöötkeha); B. o — haistmissibul (*bulbus olfactorius*), millest algab haistmisnärv; Ep — epifüüs e. ajukäbi; H — tagaaju (väikeaju) e. metenkeefalon; Hy — hüpofüüs e. ajuripats; Inf — lehter (*infundibulum*), mis moodustab vaheaju põhjaosa; L. o — haistmissagar (*lobus olfactorius*); M — keskaju e. mesenkeefalon; N — järelaju e. müelenkeefalon e. piklik aju; Op — nägemisnärv; P. o — Varolio sild e. ajusild (= väikeaju pooli siduvad komissuurikiud); V — eesaju e. telenkeefalon [eesaju põhjas asetseb basaalganglion (mustjas) ja sellest kõrgemal suurajuvatsake (valkjashall)]; Z — vaheaju e. dienkeefalon.

uued kiud, mis toimetavad tundeerutusi suurajju. Imetajail lõpevad nägemiskühmudes (taalamustes) silmanärvikiud ja algavad uued, mis juhivad valguserutuse suuraju kuklasagarasse (joon. 110, Th).

Peale selle sisaldab vaheaju korraldavaid keskmeid mitmesuguseile vegetatiivseile talitlusile, nagu ainevahetus, veemajandus, higierutus, veresoonte liigutus, soojuse regulatsioon.

Suuraju. Kõige lihtsamat suuraju leiame enamikul kaladest (näit. luukaladel). See esineb siin põisja arendina, mille põhja moodustavad kaks tugevat põhimiktänku e. basaalganglioni (e. vöötkeha), kuna lagi ja seinad koosnevad ainukihilisest epiteelist (joon. 111, b ja 112, a). Ta eesotsast väljub kaks tugevat jätket, nn. haistmissagarat, mis siirduvad ninakihnudes lõppevaiks haistmisnärvideks.



Joon. 112. Ristilõiked selgroogsete otsajudest (skeemid). a — luukala; b — roomaja; c — lind; d — alam imetaja (kukkurloom); e — kõrgem imetaja (koer); Archip — arhipallium e. iidisajusõba, talitleb haistlejana; Basg — basaalganglion e. põhimiktänk (vöötkeha) (joonisel sügavmust); C. cal — komissuuri- e. ristinidemekiud, mis seovad mõlema poolkera neopalliume e. uudusajusõbasid; Com. p. a. — komissuurikiud, mis ühendavad poolkerade arhipalliume e. iidisajusõbasid; Com. a — komissuurikiud, mis seovad mõlema ajupoole basaalganglione (põhimiktänke) ja haistmissagaraid; L. o — haistmissagar; Neop — neopallium e. uudusajusõba; Pa — ainukihilisest epiteelist koosnev otsajusein.

Kõigil teistel selgroogseil on suuraju eristunud paremaks ja vasemaks poolkeraks e. hemisfääriks. Kummagi poolkera põhja moodustab põhimiktänk, lae ja seinad aga närvirakkudest ja -kiududest ajusõba e. pallium (joon. 111 ja 112).

Alamail selgroogseil talitleb suuraju eeskätt haistmiskeskmena.

Roomajaist ja osalt juba kahepaikseist alates eristub ajusõba talitluselt kaheks osaks: haistmiskeskmena töötavaks iidisajusõbaks e. arhipalliumiks ja muid keskmeid omavaks uudisajusõbaks e. neopalliumiks.

Kuna roomajail ja lindudel neopallium on väike, moodustab ta imetajail suurema osa suuraju poolkeradest (joon. 112).

Nii arhi- kui ka neopallium koosneb välimisest õhukesest (inimesel keskmiselt 3 mm), närvirakkudest suuraju-koorest (*cortex cerebri*) ja sellest kaetud massiivsest närvikiudude kogumikust.

Kõrgemail imetajail, eeskätt kitsaninalisil ahvidel ja inimesel, on suuraju kummagi poolkera pallium eristunud sagaraiks (loobusteks) [otsmiku-, kiiru- e. lagipea-, kukla-, oimusagar] (joon. 110, Stl, Schl, Hl, St) ja sagarate pind käärudeks (güürusteks) ning vagudeks (sulkusteks). Sellise eristumise tagajärjel omab suuraju-koor piiratud ruumalas võrdlemisi suurt pindala (inimesel keskmiselt 2000 cm^2).

Närvirakkude laadi alusel jaguneb inimese ja imetajate neopallium kuueks peakihiks. Enamikke neist kihtidest iseloomustavad nn. püramiidrakud. Neil on ladvaga peaaju pinna poole suunatud püramiidi või kuusekrooni kuju. Ladvast ja külgedest väljuvad harud esinevad erutust vastuvõtvate põõsasharudena (dendriitidena), kuna erutust väljajuhtiv pikk peen kollateraalidega (kaasharudega) neuriit tavaliselt alla valgeollusesse suundub.

Erutust ajukoorde toovad subkortikaalseist keskmeist siia saabuvad kiud.

Ühed palliumi (ajusõba) valgeolluse närvikiududest seovad suuraju ühe poolkera koort teisega, teised ühendavad antud poolkera koore mitmesuguseid osi, kolmandad jälle suunduvad pea- ja seljaaju koorealuseisse (subkortikaalseisse) keskmeisse (joon. 110). Kahepaikseil ulatuvad

suuraju-koore rakkude kiudharud ainult vaheajuni, roomajail ja lindudel keskajuni, imetajail ja inimesel seljaajuni.

Katsed, peaaju-haigused ja ajusõba arenemine lootel näitavad, et imetaja suuraju-koor on eristunud talitluselt kaheks eri piirkonnaks: tundlik-liigutavaks e. sensomotoorseks (e. projektsiooni-) ja sidestavaks e. assotsiatsioonipiirkonnaks.

Tundlik-liigutavad peaaju-koore alad (e. -kooreväljad) saavad erutuse väljastpoolt ajusõba ja saadavad selle kas alamate peaaju keskmete või seljaaju kaudu täidesaatvaile elundeile (lihastele ja näärmeile).

Sidestavad peaaju-koore alad saavad erutusi tundlik-liigutavailt aladelt ja annavad erutusi kas naaber-sidestamisaladele või tagasi tundlik-liigutamisaladele.

Inimesel saadavad tundlik-liigutavate alade erutusi aistingud ja tajud, sidestamisalade erutusi aga kujutelmad.

Alamailt imetajailt kõrgemate suunas omavad suuraju-koore sidestumisalad üha avaramat levilat, moodustades inimesel ligi $^{2}/_{3}$ kogu suuraju-koore pindalast.

Kui suuraju-koore tundlik-liigutavad alad on inimesel meelelise tajumise organiks, siis on sidestamisalad kui engrammide (jäljendite) talletuspaigad kujutlemise ja mõtlemise, mälu ja fantaasia, kõrgemate tunnete ja teadliku tahte ning üldse kõrgema hingeelu, vaimse tegevuse ja teadvuse elundiks.

Ülaltoodut närvisüsteemi üle kokku võttes leiame, et ta esineb kahe põhitüübi kujul: difuusse e. hajusa ja tsentraliseeritud e. keskendatud närvisüsteemina. Tsentraliseeritud närvisüsteem omasoodu koosneb tsentraalsest e. keskmepoolsest ja perifeersest e. piirdepoolsest osast. Tsentraalseks osaks on kas umbsed moodustised — väädid ja ganglionid, või õõnsad, nagu selgroogsete ja koljutute (süstikkala) kui ka mantelloomade vastsete pea- ja seljaaju. Perifeerseks osaks on närvid.

Selgroogseil, lülijalgseil ja roomajail koosneb nii tsent-

raalne kui ka perifeerne närvisüsteemi osa talitluselt kahest erinevast alaosast — *animaalsest* e. somaatilisest ja *vegetatiivsest* e. vistseraalsest.

Animaalne e. *loomaline närvisüsteemi* osa närvistab vöötlihaseid, mis liigutavad silmamuna, keelt, kereseina, saba ja jäsemeid. Eriti iseloomustav animaalsele närvisüsteemile on, et motoorsed (liigutavad) kiud ta närvides kulgevad pidevalt, katkestamatult vastavaist närvikeskmeist lihastesse.

Vegetatiivne e. *taimeline närvisüsteemi* osa närvistab südant, silelihaseid ja näärmeid ning enamikku näokolju ja lõpuspiirkonna ning selle tekiste (neelu, kõri) vöötlihaseist. Vegetatiivsed liigutamis-(resp. nõristamis-)närvikiud, mis närvistavad südant, silelihaseid ja näärmeid, on asjaomaseis närvides katkestatud. See katkestus toimub vegetatiivseis ganglionides ühe kiu lõppedes ja teise alates (joon. 113).

Vegetatiivne (autonoomne, vistseraalne) kiud, mis algab närvisüsteemi keskelundis (näit. seljaajus) ja lõpeb ganglionis, kannab *preganglioosse* e. *tängueelse* kiu nime. Kiud aga, mis algab vegetatiivsest ganglionist ja lõpeb südames, silelihaseis, näärmeis või mõnes teises vegetatiivses ganglionis, on *postganglioosne* e. *tängutagune*.

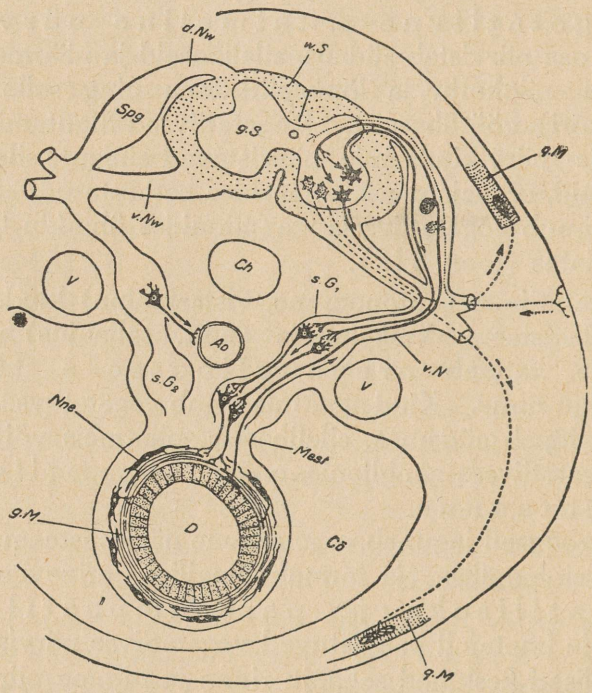
Selgroogseil jaguneb vegetatiivne närvisüsteem anatoomilise, füsioloogilise (ja farmakoloogilise) erinevuse alusel *sümpaatiliseks* ja *parasümpaatiliseks*. Inimesel ja imetajail paigustuvad vegetatiivse närvisüsteemi sümpaatilised keskmed seljaaju rinna ja nimme piirkonnas, parasümpaatilised aga osalt peaajus (nimelt keskajus ja piklikus ajus), osalt seljaaju ristluu piirkonnas.

Vegetatiivse närvisüsteemi ganglionid jagunevad *vertebraalseiks* ja *prevertebraalseiks*.

Vertebraalsed e. *lüliganglionid* moodustavad kummalgi pool selgroogu metameerse pikirea. Enamikul selgroogseist on need igas reas seotud üksteisega pikinideme varal, moodustades üheskoos kummalgi selgroo kül-

jel asetseva piirväädi e. sümpaatilise tüve (*truncus sympathicus*). Prevertebraalsed e. lüliees-mised ganglionid paigustuvad eelmisist piirde pool.

Talitluselt on vegetatiivse (autonoomse) närvisüsteemi sümpaatilised ja parasümpaatilised osad üksteise suhtes antagonistid e. vastandlased. Näiteks on niihästi sümpaatilist kui ka parasümpaatilist närvistust omav silma vikerkesta lihastu töölaad ja sellest sõltuv silmaava (-musta)



Joon. 113. Sümpaatilise refleksikaare skeem. Seljaaju vistserosensiiblid (sisuslik-tundelised) ja vistseromotoorsed (sisuslik-liigutavad) närvirakud ja sooltoru sümpaatilised närvirakud on joonisel mustad; nahast algavate tundlike närvirakkude harud on täpitud; kere vöötlihaseisse suunduvad motoorsed närvikiud on kriipsulised. Ao — aort e. suur tuiksoon; Ch — seljakeelik e. korda; Cö — tsöloom e. teisene kehaõõnis; D — sooltoru; d. Nw — selgmine närvijuur; Mest — soolekeskmed e. mesenteer; Nne — närvivõrk; q. M — vöötlihased; sG_1 — sümpaatilise närviväädi sümpaatiline ganglion; sG_2 — piirdepoolsemalt asetsev sümpaatiline ganglion; Sp. g — spinaalganglion e. selgrootänk; V — veenid; v. N — närv, mis ühendab spinaal-(seljaaju-)närvi sümpaatilise närviväädiga; v. Nw — kõhtmine närvijuur; w. S — valgeollus (seljaaju närvikiustik).

suurus. Viimane suureneb sümpaatilisest ja aheneb parasümpaatilisest erutusest.

Silm, pisara- ja süljenäärmed ning enamik sisikonna elundeist (süda, kopsud, magu, sooltoru, maks, neerud, kusepõis, suguti) saavad niihästi sümpaatilist kui ka parasümpaatilist vegetatiivset innervatsiooni.

Toitumis- ja seedimiselundkonna (*organa nutritionis* e. *digestionis*) ülesandeks on sisse võtta ja ette valmistada olluseid, mis on loomale vajalikud aine- ja energiavahetusning vormimuutustoimeks. Toitumis- ja seedimiselundid katavad kulusid, mis tekivad rakkude, kudede ja elundite töö juures, ning võimaldavad looma kasvamist munast või üldse noorest vormist täiskasvanuks.

Algloomad jagunevad tahkete toitkehakeste sissevõtmise viisi alusel kahte rühma. Ühte rühma kuuluvad vormid nagu juurjalgsed ja mitmed viburloomad, kes võivad enestesse toitkehakesi võtta oma kehapinna iga paiga kaudu. Toitkehakesed seeditakse ära toitekublikuis (nutritoorseis vakuoolides). Seedimata jäänukid heidetakse kehast välja ükskõik millise kehapunkti kaudu.

Teise rühma moodustavad ripsloomad (e. infusoorid), kel toitkehakeste sissevõtmiseks ja seedimata jäänukite väljaheitmiseks on asjaomased rakuelundid — rakusuu rakuneeluga (tsütostoom tsütofaarünksiga) ja rakupärak (tsütoprokt e. tsütopüüge) (lk. 114). Rakusuu ja -neelu kaudu sissevõetud toitkehakese ümber kujuneb neil seedemahla sisaldav toitekublik, mis toitu seedides aeglaselt entoplasmas ringi liigub. Toitekubliku t i i r l e m i n e e. r o t a t s i o o n (tsükloos) lõpeb rakupäraku piirkonnas. Mõnel infusooril esineb rakukehas alatine seedemahla nõristav ja toitu seediv r a k u s o o l e. t s ü t e n t e r o n, kuhu toit satub rakusuu ja -neelu kaudu.

Teise rühma kuuluvad ka paljud viburloomad, kel, ehkki neil puudub rakupärak, esineb rakusuu (näit. põisviburilised).

Kaelusviburilised juhivad viburi liigutusil toitpihukesed viburi põhimikosa piirava kaeluslehtri põhja, kust need satuvad tsütoplasmasse.

Enamikul hulkrakseist loomist on olulisemaks toitumis- ja seedimiselundkonna osaks s u u a v a g a algav ja keha läbiv s o o l t o r u e. s e e d e k u l g l a (*tractus intestinalis* e. *digestivus*). Enamikul lõpeb seedekulgla avaga — p ä r a k u g a e. a a n u s e g a, mille kaudu seedimata toidujäänukid kehast eemaldatakse. Pärak puudub ainult alamail hulkrakseil loomil — nõgesloomil, kammloomil ja rips- ning imiussilisil. Neil toimub r o e e. v ä l j a h e i d e t e (ekskrementide e. fekaalsete masside) kõrvaldamine kehast suuava kaudu.

Paelussilisil ja kidakärsseil on sooltoru nugilise eluviisi tagajärjel kaotsi läinud.

Sooltoru suge tekib lootel g a s t r u l a- e. k a r i k l o o t e - j ä r g u s (vt. embrüoloogia — gastrula), esinedes siin entodermiga (siselehega) vooderdatud ruumina, nn. g a s t r o t s ö ö l i n a (arhenteronina) e. maosoole-õõnisena (ürgsoolena). Täiskasvanu seedekulgla ees- ja tagaosa vooderdab enamasti ektoderm (välisleht), keskosa aga entoderm. Toidu seedimine, s. o. imamiseks ettevalmistus, samuti ka imamine (absorptsioon) toimub sooltoru entodermi kaudu.

Toidu sissevõtmine ja edasitoimetamine seedekulglas sünnib liikumiselundite, s. o. lihaste abil.

Toidu laad ja toitumisviis avaldavad suurt mõju loomade organisatsioonile ja eluviisile.

Toiduhankimise alusel võib kõik loomad liigitada 6 talitlustüüpi: pihukeste-toidulised, kugistajad, imejad, purejad, lahustajad ja parasiitijad.

P i h u k e s t e - t o i d u l i s e d e. p a r t i k l i t e - s ö ö j a d elavad hulganisti sissevõetud orgaanilisist kehakesist (vetikaist, pisilasist, pisikesist loomist, pudemest e. detriidist). Pihukeste-toidulised elavad vees ja on kas aluspõhjale kinnistunud (sessiilsed) või uitlevad (vagiilsed). Toitpihukesed uhutakse veest kehasse või selle naabrusesse ja sõelutakse siis vastavate seadistute abil veest välja. Toitpihukeste ligiuhtumiseks on kas ripsme- või viburilöögid (ripsloomil, kaelusviburilisil, käsnadel, keriloomil, mõnel kinnistunud rõngussil, vääneljalalisil, karpidel, sammal-

loomil, käsijalgseil, meriliiliail, merituppedel, süstikkaladel), jäsemed (alamail vähkidel) või muud kehajätked (merikulleste saba). Toitpihukeste väljasõelumiseks veest on kas harjaskammid (alamail vähkidel), mõrdmoodustised (merikulleseil), lõpusõhikud (karpidel), lõpuskorv (süstikkalal, merituppedel), lõpuspiid lõpuskaartel (kaladel), vaalakiused (kiusvaaladel). Sageli hõlbustab toitpihukeste väljasõelumist looma poolt väljanõristatud lima, millele kleepuvad toitpihukesed. Väljasõelutud lima ühes toitpihukestega juhitakse seedekulglasse, kuna hingamisvesi hoidub puhtana.

Pihukeste-toiduliste hulka kuuluvad ka nn. liivasõõjad (näit. meripurad), kes neelavad liiva, milles leiduvaid orgaanilisi osi seedivad.

Kugistajad haaravad ja neelavad toitpala ilma puremata alla, nagu juurjalgsed, paljud infusoorid, enamik nõgesloomi, mõned rõngussid ja tigud, meritähed, amfiibid, reptiilid, enamik lindudest ja hammasvaalalised, loivalised. Toidu haaramiseks on kulendid (pseudopoodid), kombitsad (tentaaklid) (polüüpidel, meduusidel), lõuad (rööv-rõngussidel, röövtigudel), nokk (lindudel), hambad (kahepaikseil, roomajail, hammasvaalalisil ja loivalisil).

Imejad toituvad sel teel, et imevad suu kaudu teiste organismide poolt soetatud vedelaid orgaanilisi aineid, nagu taimemahlast (liblikad, lehetäid), loomade koemahlast ja verest (täid, kirbud, lutikad, puugid, kaanid), sooltoru sisust (parasiitsed ümmarussid). Imemine toimub iminapa või londi varal, mille moodustamisel sageli osalevad pistvad harjased. Imedes toituvail putukail on suuosad e. suised pistmis- või imemisriistadeks kujunenud. Seedekulgla eesosa, mida erilised lihased rütmiliselt paisutavad ja ahendavad, töötab imemisel pumbana. Paljudel imedes toituvail vormidel esinevad süljenäärmed, mille nõre takistab imetava toitvedeliku hüübimist. Imedes toituvad imikulised (infusooridest), imiussilised, paljud ümmarussid, kaanid, aerjalalised vähjad, ämblikulised, paljud putukad (kiletiivalised, nokalised, kahetiivalised, kirbulised, liblikad).

Purejad e. hammustajad tükeldavad või peenendavad toidu enne ära, kui alla neelavad. Siia kuuluvad paljud hulkharjaselisist rõngussest, merisiilikuist, lülijalgseist, tigudest ja selgroogseist. Toit on neil tavaliselt tahke koostisega. Sellise toidu lahtihõõrumiseks, lahtikiskumiseks, lahtilõikamiseks ja tükeldamiseks esinevad neil mitmesugused arendid, nagu hõõrlad (tigudel) (joon. 107, Ra), kitiinist või sarvjast ainest lõuad (paljud lülijalgsed, peajalgsed limused), sarvsete tuppedega kaetud lõuad (lindudel), hambad (imetajail), iminapad (peajalgseil limuseil). Toidu peenendamine toimub kas suuava ees (näit. jõevähjal), suuõõnes (enamikul imetajaist) või pisut tagapoolsemas seedekulgla osas (keriloomade, mõnede nälkjate, putukate mälumismaos, krokodillide ja lindude lihasmaos).

Välisseedijad e. lahustajad valavad saakloома seedemahlaga üle või süstivad sellesse seedemahla, et toitpala enne sissevõtmist osalt või täiesti ära seediks (s. o. lahustuks). Sellist välisseedimisega toitumist leiame ripsussilisil, mõnel tigul, kahehaarmelisil limuseil, ämblikulisil, mardikail, võrktiivalisil, mõnel nokalisel (näit. selgujuril — *Notonecta*), kahetiivalisil, meritähtedel. Mõned tigud nõristavad süljenäärmeist vaba hapet (tõrskodalane — *Dolium* väävelhapet, lõitkodalane — *Tritonium* asparagiinhapet), halvates sellega saakloomi (limuseid ja okasnahkseid) ning lahustades nende karpe, kodasid ja muid toesearendeid. Meritähed tõmbavad oma ambulakraal- e. hiljusejalakeste abil saakloomade — karpide (limuseist) karbipooled lahti, uimastades loomi erilise mürgiga. Siis sopistavad nad oma mao suu kaudu välja ja suruvad selle karbi karbipoolte vahele, lahustades looma pehmed osad seedemahla varal ja imedes endasse toitlahud.

Imendavate e. resorbeerivate loomadena esinevad need parasiitsed e. nugilised, kel puudub seedekulgla ja kes vedelaist aineist toitudes võtavad seda enestesse katete, s. o. naha või (algloomil) ektoplasma kaudu. Imendavad parasiidivad teiste loomade sooltorus, kudedes või veres, olles igast küljest ümbritsetud toitlahust. Siia

kuuluvad paljud algloomad, eeskätt eosloomad ja hulkrakseist paelussilised, kidakärssed. Imendajate hulka kuuluvad ka juurpealised vähjad, kes teiste loomade kehal asudes saadavad sinna juurjaid jätkeid, mille varal imendavad sealt toitu.

Paljud viburloomad (rida viburilisi, vaguviburilisi) toituvad valguse paistes nagu rohelised taimed (valmistades süsihappest ja veest süsivesikuid).

Seedimine e. digestioon ja seedefermendid e. -käärollused. Toiduammendamisega tihedas ühenduses on toidu seedimine, s. o. toitainete keemiline ümbertöötamine vees lahustuvaks, kudedesse või protoplasmasse (ainurakseil) imenduvaks (resorbeeruvaks) ning protoplasma poolt assimileeritavaks (sarnastatavaks) aineks.

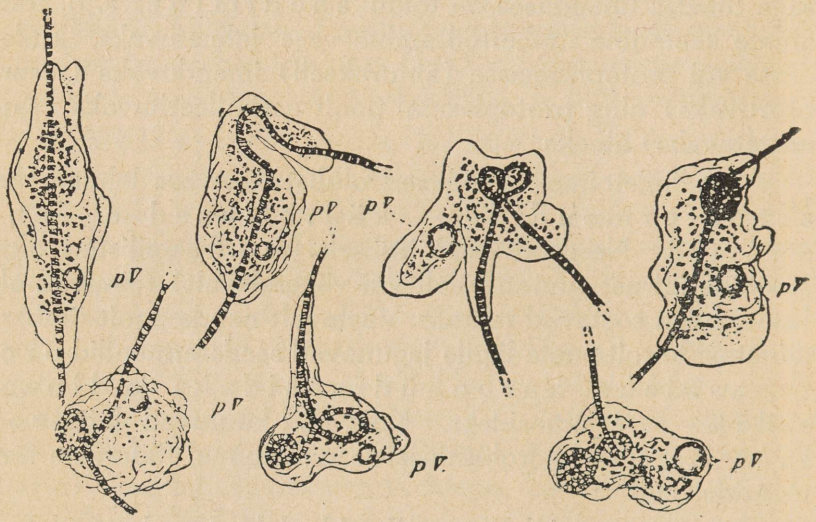
Seedimistoimes etendavad olulist osa vees lahustuvad seedefermendid e. -käärollused e. -ensüümid. Need on katalüütiliselt (s. o. keemiliste reaktsioonide kiirust suurendavalt või vähendavalt) toimivad ollused, mida soetavad rakud. Vastavalt nende poolt ümbertöötatavate toitainete liigile jagunevad seedefermendid proteaasideks, karbohüdraasideks ja lipaasideks e. esteraasideks. Kõik nad kuuluvad hüdrolaaside, s. o. hüdrolüütiliselt e. vee toimel töötavate fermentide ringi.

Proteaasid e. valkusid lahustavad seedefermendid jagunevad oma töö laadilt proteaasideks sõna kitsamas mõttes ja peptidaasideks. Proteaasid sõna kitsamas mõttes lõhustavad tavalisi valkusid di-, tri- ja polüpeptiidideks ning jagunevad omasoodu peptiliseks ja trüptiliseks rühmaks. Peptilised proteaasid töötavad happelises, trüptilised aluselises (alkaalilises) keskkonnas. Peptidaasid lahustavad peptiide amiinohappeiks.

Karbohüdraasid e. süsivesikuid lahustavad käärollused jagunevad polüaasideks ja heksoksüdaasideks. Polüaasid lõhuvad polüsahhariide (näit.

glükogeeni, tärklist, tselluloosi) suhkruaineiks. Tähtsamaks neist on amülaas ja tsellulaas. Amülaas laotab tärklist ja glükogeeni (loomset tärklist) di- ja monosahhariideks. Tsellulaas muudab tselluloosi lihtsamaiks süsivesikuiks. Puht-lihatoidulisil loomil võib amülaas puududa, kuna tsellulaas hulkrakseil loomil esineb võrdlemisi harva (mõnel karbil, tigul, jõevähjal, kõrvahargil).

Lipaasid e. esteraasid lõhustavad rasvad, liites neid veega, glütseriiniks ja rasvahappeiks (palmitiin-, steariin- ja oleiinhappeks).

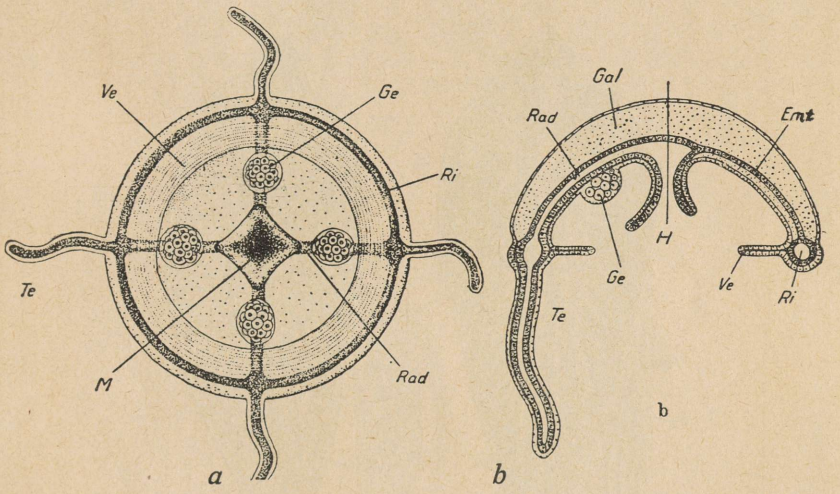


Joon. 114 A. Amööb intraplasmaatiliselt e. fagotsütaarselt e. õgirakuliselt vetikuniiti seedimas. pV — tuikekublik e. pulssiv vakuool.

Intra- e. sise- ja ekstratsellulaarne e. välisrakune seedefermentide sekretsioon e. nõristus. Paiga suhtes, kuhu kogunevad fermendid ja kus toimub seedimine ning seeditud toidu imendumine (resorptsioon), tehakse vahet intratsellulaarse e. rakusisese ja ekstratsellulaarse e. rakuvälise seedimise vahel. Intratsellulaarne e. intraplasmaatiline e. fagotsü-

taarne (õgirakuline) seedimine toimub rakukehas ja iseloomustab algloomi ning käsnasid (joon. 114 A).

Ekstratsellulaarse e. sekretiivse (nõristusliku) seedimise puhul nõristatakse toitu lahustavad käärollused seedekulglasse, kus toimubki seedimine ja imendumine. Sellist seedimist leiame rõngussidel, lülijalgseil, peajalgseil limuseil ja keelikloomil. Paljudel (nõgesloomil, paljudel lameussidel, real limuseist ja okasnahkseil) on seedimine osalt ekstra-, osalt intratsellulaarne.



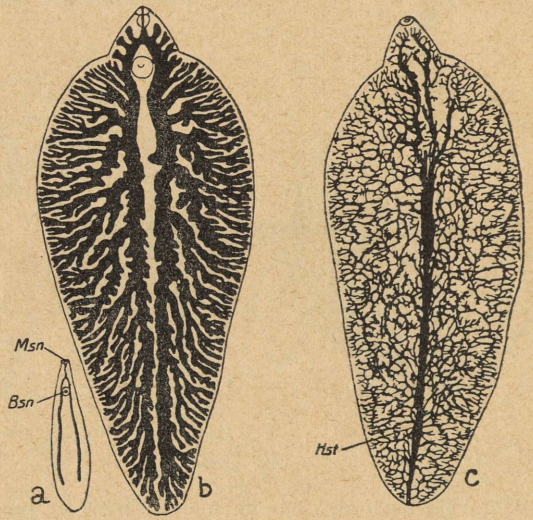
Joon. 114. Hüdromeduusi skeem. a — oraalne e. suupoolne külg; b — peatelge (H) läbiv paksutilõige, mis vasemal tabab radiaalset e. kiirjat kanalit, paremal aga interradiaalset e. raadiusevahelist ala; Entl — entodermlamell e. siselehene liistak; Gal — kummikutartel; Ge — gonaadid e. sugunäärmed sugurakkude e. gonotsüütidega; H — peatelg; M — suu; Rad — radiaal- e. kiirkanal; Ri — ringkanal; Te — tentaakel e. kombits; Ve — ääris (*velum e. craspedon*).

Rakusisene seedimine on fülogeneetiliselt (suguvõsalooliselt) vanem, ürgsem seedimisviis kui rakuväline.

Seedefermente nõristab seedekulgla õõnde kas selle entodermne epiteel või sellest epiteelist arenenud asjaomased näärmed. Ärritajaks, mis seedefermentide nõristamist esile kutsub, on toit. Nõgesloomil tekitab toit vahetu kokkupuute teel seedekulgla epiteeliga seedefermentide nõristamist. Enamikul aga virgutab toit seedekulgla näärme-

rakke käärolluste nõristamisele kas reflektoorselt, s. o. närvisüsteemi kaudu, või vereringe kaudu.

I m e n d u m i n e e. r e s o r p t s i o o n. Algloomil imendatakse (resorbeeritakse) toitekublikus seeditud toitaineid kubliku seinte kaudu protoplasmasse. Sama toimub ka rakusisese seedimisega hulkrakseil. Ekstratsellulaarse seedimisega hulkrakseil võib esineda kaks juhtumit: nõristamist (sekretsiooni) ja imendumist (resorptsiooni) toimetavad samad rakud, või kumbki toime on seotud eri rakku-

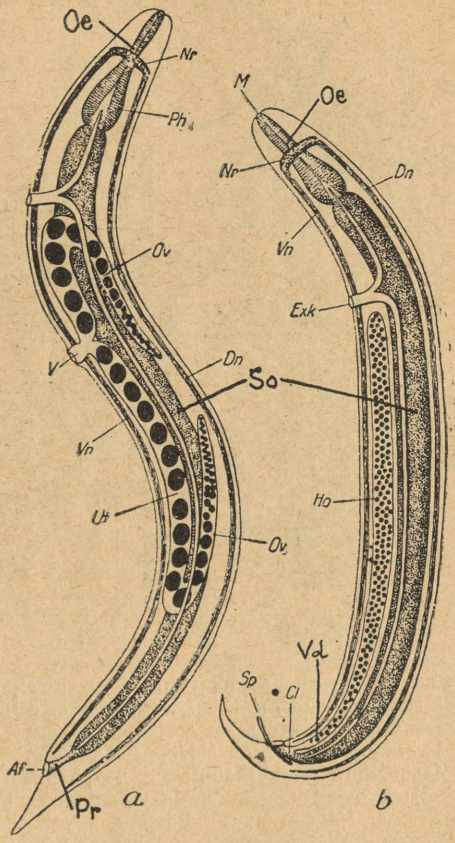


Joon. 115. I m i u s s i l i s t e s e e d e k u l g l a j a u m b t o r u n e e r (protonefriid). a — imiussilise *Dicrocoelium lanceatum*'i kaheharuline seedekulgla (lihtsandatud gastrovaskulaarne süsteem e. sooleringe-süsteem); b — maksa kakssuulase e. maksakaani (*Fasciola hepatica*) tüübiline paljuharuline gastrovaskulaarne süsteem; c — maksa kakssuulase umbtoruneer e. protonefriid.

dega. Viimasel korral toimetavad nõristamist n ä ä r m e r a k u d, imendumist aga erilised r e s o r b e e r i v a d r a k u d, mille vabad otsad on enamasti varustatud nn. k e p i k e s s e r v i s e g a, s. o. tihedalt kokkupakitud, raku pikiteljele rööbitiste kepikeste kihiga (joon. 25, h).

S e e d e k u l g l a - t ü ü b i d. Kõige lihtsam seedekulglavorm (hüdral, hüdropolüüpidel) esineb ainsa avaga, s u u a v a g a (e. suupiluga), entodermse kotina või umb-

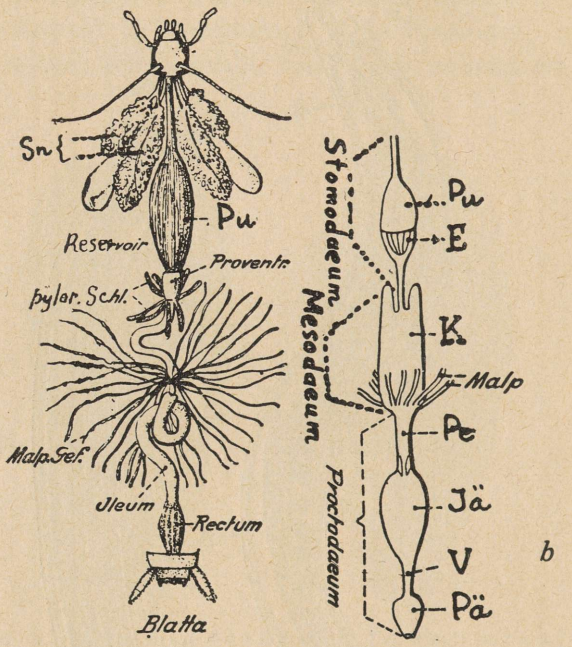
selt lõppeva entodermse kanalina (joon. 24). Õisloomil ja kammloomil vooderdab seedekulgla eesosa ektoderm. Selline eesmine ektodermne seedekulgla osa kannab algussoole (suusoole) e. stomodeumi nime. Õisloomil jaotavad kiirjalt asetsevad vaheseinad seedekulgla piirdepoolse osa üksteisega ühestuvaiks kambriteks. Kamm-



Joon. 116. Ümmarussi ehitus (skeem); a — emaloom; b — isaloom; af — pärak; Cl — kloaak; Dn — selgmine närviväät; Exk — erituselund; Ho — seemnesari; M — suu; Nr — söögitoruümbrisene närvirõngas; Oe — söögitoru; Ph — neel; Pr — lõppsool; Sp — kürbokised (*spicula*), mis suguühtel juhitakse emalooma tuppe; So — kesksool; Ut — emakas; Vd — seemnejuha; Vn — kõhtmine närviväät.

Suu (M), söögitoru (Oe) ja neel (Ph) moodustavad koos algussoole e. suusoole (*stomodaeum*); kesksool (*mesenteron* e. *mesodaeum*) on võrdlemisi pikk (nagu selgroogseil); lühike lõpp-(e. pärak-)sool (*proctodaeum*).

loomil on seedekulgla piirdeosa eristunud mitmeks (8) üksteisega ühenduses olevaks meridionaalseks nn. rõõnekanaliks. Meduusidel suunduvad seedekulgla keskruumist kummikusse kiirjad kanalid (sageli haralised), mis kummiku servas on üksteisega ühestatud ringkanali varal. Et selline keerukas kanalite süsteem ei toimeta mitte ainult

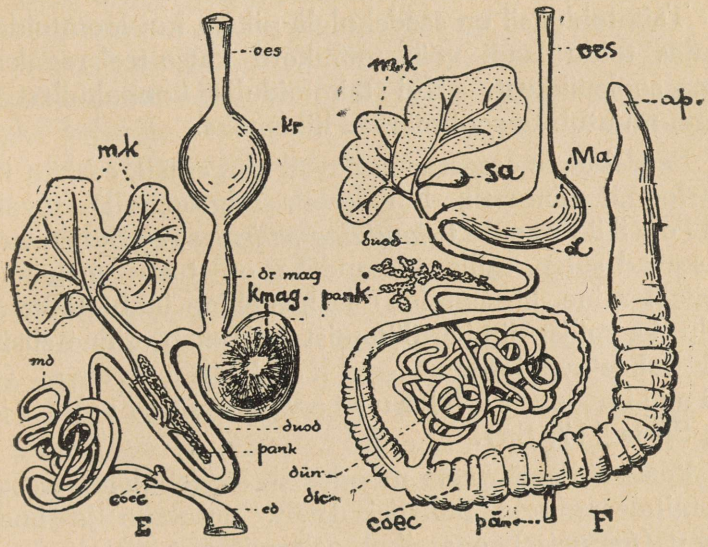


Joon. 117. Putukate seedekulgla. a — tarakan (*Blatta orientalis*); b — termiidi sooltoru skeem; E — mälumis- e. eelmagu (*proventriculus*); Ileum — peensool; Jä — jämesool; K — kesk- e. küülus- e. piimandsool (*mesenteron, mesodaeum*). Malp ja Malp. Gef — Malpighi sooned (erituselundid); Mesodaeum — kesksool; Pe — peensool; Proctodaeum — lõppsool (päraksool); Proventr. — mälumis- e. eelmagu; Pu — pugu; Pylor. schl. — püloorilised e. lukutimõigud; Rectum — pärasool; Reservoir — süljepanila; Sn — süljenäärmed; Stomodaeum — algussool (suusool).

seedimis- ja imendumistööd, vaid ka veresoonte kombel viib kehasse toitu laiali, kannab ta gastrovaskulaarse e. sooleringe süsteemi nime (joon. 114).

Lahusõõsseist (*Coelomata*) leiame gastrovaskulaarset süsteemi paljudel ripsussilisil (kolmehaarmelisil ja hulkhaarmelisil) ja real imiussilisil (joon. 115, b).

Enamikul lahusõõsseist koosneb seedekulgla 3 üksteisele järgnevast osast. Suuavaga algav ektodermne algussool (suusool) e. stomodeum siirdub entodermsesse kesksoolde e. mesenteronisse (e. mesodeumi) ja viimane ektodermsesse lõppsoolde (e. päraksoolde) e. proktodeumi, mis suubub välja pärakuga e. aanusega (joon. 116).



Joon. 118. Linnu ja imetaja seedekulgla. E — tuvi; F — kodujänes; ap. — pimesooleripik e. ussjätke; coec — pimesool; dic — käärsool; dr mag — näärmemagu; duod — kaksteistsõrmiksool e. duodeenum; dün — peensool; ed — lõppsool; kr — pugu; L — maolukuti e. püloorus; Ma — magu; md — peensool; mk — maks; oes söögitoru; pank — kõhunääre e. pankreas; pä — pärasool; sa — sapipõis.

Mitmesuguseil loomarühmadel on entodermse kesksoole pikkus võrreldes ektodermse algus- ja lõppsoolega erisugune. Putukail näiteks on entodermne kesksool lühem kui ektodermne algus- ja lõppsool. Selgroogseil aga on ektodermne algus- ja lõppsool lühikesed, võrreldes hulga pikema kesksoolega (joon. 117 ja 118).

Need 3 seedekulgla osa on enamikul lahusõõsseist eristunud ehituselt ja koetiselt erinevaiks alaosadeks, millest iga-

üks omab seedimistöös asjaomast ülesannet. Tähtsamaks põhimõtteks seedekulgla ja ta osade eristumisel on nõristavate (setserneerivate) ja imendavate (resorbeerivate) pindade suurenemine. Seda saavutatakse osalt seedekulgla pikenemisega, osalt ta sisepinna kurrutusega või eriliste jätkete, nn. soolehattude (*villi intestinales*) tekkel. Selline seedivate ja imendavate pindade suurenemine iseloomustab eeskätt kesksoolt (mesenteroni).

Taimtoidulisil on seedekulgla pikem kui loomtoidulisil. Muutes toidu laadi võib mõnikord katse teel reguleerida looma soolepikkust. Kui taimtoidulist konnakullest toita lihaga, muutub ta sool märksa lühemaks.

Seedekulgla eesossa suubuvad kõrgemail, eeskätt maismaa loomil (limuseil, lülijalgseil, selgroogseil) tavaliselt süljenäärmed (*glandulae salivales*). Süljenäärmed nõristavad sülge, mille ülesandeks on toidu mehaaniline (läbileotamine, libestamine) ja keemiline ümbertöötamine. Toidu keemilist ümbertöötamist toimetab eriline süsivesikuid lahustav ferment — karbohüdraas (näit. ptüaliin e. suhkrustav juuretis) (joon. 107, Sp ja 117, Sn).

Peale süljenäärmete moodustab seedekulgla eesosa sageli mitmesuguseid puhetisi [näit. putukate ja lindude pugu (*ingluvies*), enamikul selgroogseist esinev magu (*stomachus* e. *venter*) ja selle osad], mille ülesandeks on toidu mehaaniline peenendus ja keemiline ümbertöötamine (joon. 117, 118). Viimane toimub kas sülje või seedekulgla vastava osa poolt nõristatavate käärolluste abil.

Vähkidel, ämblikel ja limuseil leiame kesksoolel mitmeharulist kesksoole-nääret (nn. „maksa"). Enamikul mainitud loomadest satub toit sellesse kesksoole-näärmesse seks, et seal seedida. Vähkidele ja ämblikele on kesksoole-nääre ka peamiseks toidu imendumise elundiks.

Karpidel ja tigudel toimetavad kesksoole-näärme rakud intratsellulaarset e. rakusisest seedimist (nn. fagotsütoosi e. õgirakulist toitumist) (joon. 107, Mdr).

Selgroogseid iseloomustab kaks suurt seedemahla-nõ-

ristavat seedekulgla (kaksteistsõrmiku) näärmelist lisandit — kõhunääre (*pancreas*) ja maks (*hepar*) (joon. 118).

Seedekulgla lõpposa — lõppsool talitleb peamiselt rooja väljajuhtijana, ehkki ka siin võib toimuda toidu imendumine ja mõnikord isegi seedimine (eriliste pisilaste või algloomade kaasabil).

Toidu edasiliikumine seedekulglas toimub kas rips- (virve-)epiteeli ripsmete (resp. viburite, näit hüdral) löökide või seedekulgla seinalihastiku ringlihaskihi tõmbluste (kokkutõmmete) abil. Need tõmblused kulgevad nagu lained piki sooltoru mao poolt päraku poole. See on seedekulgla peristaltika e. rudivoole.

Et lähemalt tutvuda seedekulgla ehituse ja talitlustega, seks vaatleme putuka ja selgroogsete seedekulglat.

Putukal pääseb toit suupilu kaudu suuõõnde, kuhu suubuvad süljenäärmed. Suuõõnest kulgeb toit söögitorru (*oesophagus*). Söögitoru tagaosa on sageli paisunud puguks (*ingluvies*), kuhu talletatakse süljega läbileotatud toit. Pugule võib järgneda tugeva lihastikuga ja kitiinhammastega (või harjastega) mälumis- e. eelmagu (*proventriculus*). Kõik mainitud osad üheskoos moodustavad algus- (suu-)soole. Mälumismaos mehaaniliselt läbitöötatud toit satub siit kesk- e. küülus- e. piimandsoolde. Keskoole algusossa suubuvad sageli mõikjad näärmed, nn. püloorilised e. lukutimõigud. Mõnikord on need kotjad ja siis talitlevad nad niihästi seedimis- kui ka imendumiselunditena (joon. 117).

Lõppsool koosneb, eestpoolt tahapoole lugedes, enamasti peensoolest (*ileum*), jämesoolest ja pärasoolest (*rectum*). Peensoole talitluseks on imendumine, kuna jäme- ja pärasool on rooja kokkukogumiseks.

Lõppsoole algusossa suubuvad torujad Malphigi sooned, mis talitlevad erituselunditena.

Selgroogsete seedekulgla koosneb kahest peaosast:

kefaalsest e. peasoolest ja torakaalsest e. keresoolest. Peasoole piirkonda kuuluvad suuõõs (*cavum oris*) ja neel (*pharynx*). Poegivail imetajail asetseb huulte ning põskede vahel ühelt poolt ja igemete ning hammaste vahel teiselt poolt suuesik (*vestibulum oris*).

Kaladel esineb neel lõpuskottidest (hailisil ja railisil) või lõpuspiludest (luukalalisil) läbitud ja lõpuskaartest toetatud lõpus- e. branhhiaalpiirkonnana. Konnadel, roomajail, lindudel ja imetajail on lõpuspilud (resp. -kotid) ajutised lootelised (provisoorsed embrüonaalsed) elundid. Neil kasvavad neelupiirkonna lõpposast välja kopsud ühes õhujuhadega.

Neelu- e. lõpuspiirkonna tekiseks on ka kilpnääre (*glandula thyreoidea*), harknääre (*glandula thymus*) ja lisa-kilpnääre e. epiteelkehakesed (*glandulae parathyreoideae*).

Keresool jaguneb ees-, kesk- ja lõppsooleks. Eessool moodustub söögitorust (*oesophagus*) ja maost (*stomachus* e. *venter*). Kaladel sopistub söögitorust välja paaritu või paaris ujupõis (*vesica natatoria*). Lindudel võib söögitorul esineda paaritu või paaris puhetis — pugu (*ingluvies*). Lindudel koosneb magu tavaliselt kahest osast — näärmemaost ja sellele järgnevast lihaserikaste seintega ja tugeva nahkja voodriga lihasmaost. Imetajaist on ühtedel magu lihtne, teistel aga koosneb mitmest (2, 3, 4) osast (joon. 118, 120, 121).

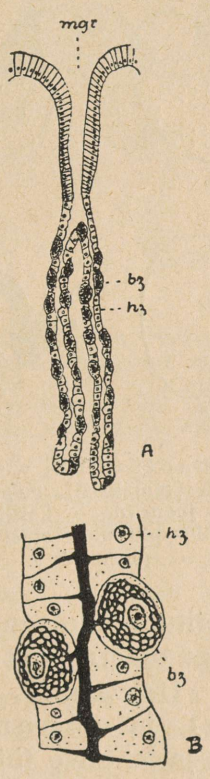
Lihtmaoga imetajail, samuti ka roomajail ja kahepaikseil moodustab magu seest vooderdav limaskest (*tunica mucosa*) kaks erinevat piirkonda, millest üks kannab funduse-, teine pülooruse-piirkonna nime. Funduse- e. maopõhjapiirkond omab kahte liiki rakkudest koosnevaid torujaid näärmeid. Nende adelomorfsed e. pearakud nõristavad valkusid laostavat (proteolüütilist) fermenti propepsiini e. pepsinogeeni, mis soolhappe mõjul muutub pepsiiniks. Pepsiin töötab happelises keskkonnas, lõhustades valkaineid peptiidideks. De-

lomorfsed e. panusrakud nõristavad soolhapet, mis pepsiinil aitab tekkida ja töötada (joon. 119).

Panusrakkude tsütoplasmas leiame intratsellulaarseid e. rakusiseseid sekretoorseid kapillaare (kanalikesi).

Pülooruse- e. maolukuti-piirkond asetseb maopõhja-piirkonna ja peensoole algusosa vahel. Ta limaskesta torunäärmed omavad ainult ühte liiki näärmerakke (pepsiinirakke).

Funduse-piirkonna ja söögitoru lõpposa vahel esineb

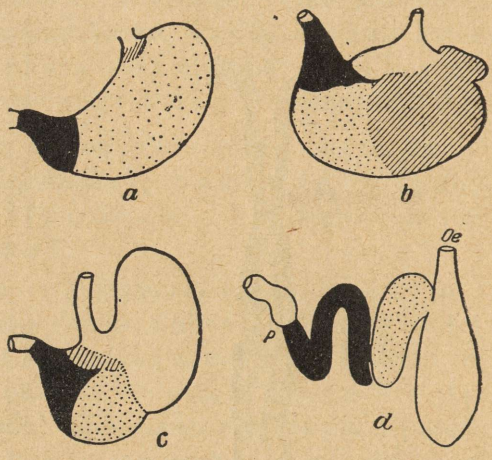


Joon. 119. Inimese maopõhjapiirkonna- e. fundusenäärmed. A — kaks tervet fundusenääret; B — tükk suurendatud fundusenääret, mille valendik on joonistatud mustaks; b_3 — delomorfsed e. panusrakud, mis nõristavad soolhapet; joonisel B paistavad panusraku tsütoplasmat võrguna läbivad sekreetkapillaarid e. nõristamisjõhvsooned; h_3 — adelomorfsed e. pearakud, nõristavad propepsiini (pepsinogeeni); mgr — maolohuke, millesse suubuvad fundusenäärmed.

sageli eriliste näärmetega kardia- e. maolävise-piirkond (joon. 120).

Kardia-, funduse- ja pülooruse-piirkonna epiteel on ainukihiline, söögitorus aga mitmekihiline.

Mõnedel moodustab maoläviseks (kardiaks) siirduv osa söögitorust puhetise, mis aitab kujundada mao algusosa, nn. söögitoruliste. ösofaagset maoosa. Ösofaagne maoosa kannab eesmao nime ja võib olla eraldatud muust maost soonistise varal (näit. delfiinidel).

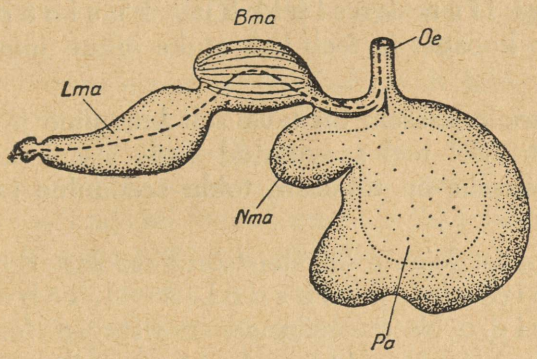


Joon. 120. Imetajate maotüübid. a — inimene; b — siga; c — hiir; d — pringel e. seakala (vaalalisist); *valge* — söögitoru ja mao ösofaagne e. söögitoruline osa; *jooneline* — kardia- e. maolävise-piirkond; *täpiline* — funduse- e. maopõhja-piirkond; *must* — pülooruse- e. maolukuti-piirkond.

Kõige komplitseeritum on magu mäletsejail, koosnedes siin 4 erineva ehitusega osast: vatsast (*rumen*), kuningakübarast (*reticulum*), leht- e. kordmaost (*psalterium*) ja libemaost (*abomasus*). Vatsa, kuningakübara ja lehtmao tüügasteks, kärgedeks ja lehtedeks eristunud sisepinda katab mitmekihiline (ösofaagne) epiteel. Need maoosad esinevad eesmaona ja neis toimub toidus leiduva tselluloosi käärimine. Käärimine sünnib eesmao osades elutsevate mikroorganismide (pisilaste ja algloomade) kaastegevusel. Seetõttu võivad mälet-

sejad kasutada toiduks tselluloosi niisama edukalt kui tärklist (joon. 121).

Eesmaos ennakseeditud toit kugistatakse tagasi suuõõnde, kus see veel kord läbi mälutakse ja uuesti alla neelatakse. Allaneelatud toit libiseb erilise toruks koonduva söögitoruvire kaudu lehtmakku ja hõõrutakse seal veel kord läbi. Lehtmaost valgub toit funduse- ja pülooruse-näärmeid sisaldavasse libemakku.



Joon. 121. Mäletseja maoskeem. Peenetäpiline joon tähistab toidu liikumist enne mäletsemist; joonekesist joon märgib toidu teed peale mäletsemist; Oe — söögitoru; Pa — vats (*rumen*); Nma — kuningakübar e. tanu- e. võrkmagu (*reticulum*); Bma — leht- e. kordmagu e. kiidekas (*psalterium*); Lma — libemagu (*abomasus*).

Kesksool esineb peensoolena (*intestinum tenue*). Maolukutile (pülooruse) järgnev peensooleosa on sageli lingjas ja kannab kaksteistsõrmiksoole e. duodeenumi nime. Sellesse suubuvad kaks suurt seedenääret: kõhunääre (*pancreas*) ja maks (*hepar*). Maksa juhadega on enamasti ühestuses maksanõre — sapi panilana esinev sapipõis (*vesica fellea*).

Kõhunääre nõristab seedefermente: amülopsiini, lipaasi ja trüpsiini. Amülopsiin e. amülaas on tärklist maltoosiks e. linnasesuhkruks muutev karbohüdraas (süsivesiku-lahustaja). Steapsiin e. lipaas lõhustab rasva glütseriiniks ja rasvahappeiks. Trüpsiin on proteaas (protelüütiline e. valku lõhustav ferment), mis lõhustab pep-

tiidid, eeskätt polüpeptiidid amiinohappeiks. Kõhunääre nõristab trüpsiini selle eelastme trüpsinogeeni kujul, mis peensooles oleva fermendi enterokinaasi varal muudetakse trüpsiiniks.

Maks soetab sappi (*fel*). Sapp aitab seedida rasva, avaldades sellele piimastavat, emulgeerivat mõju. Sapp muudab steapsiini tegevusel tekkivad rasvahapped vees lahustuvaiks, hõlpsasti imenduvaiks ühendeiks. Peale sapi soetab maks veel glükogeeni e. loomalist tärklist, kusinikku, kusihapet, reguleerib vere koostist ja teeb kahjutuks juhuti imatud mürkained.

Peensoole sisesein on tavaliselt kurruline ja hattudega varustatud. Sel teel saavutatud soole sisepinna suurenemise tulemuseks on tõhusam toidu seedimine ja imendumine.

Näärmeist leiame kaksteistsõrmiksooles Brunneri näärmeid ja peensooles Lieberkühni näärmeid. Need näärmed nõristavad fermente — erepsiini ja maltaasi ning süsihapu-naatriumi. Süsihapu-naatrium tingib peensooles aluselist reaktsiooni, mis on vajalik trüpsiini valkusid lahustavaks tööks. Maltaas kui eriline karbohüdraas lõhustab maltoosi viinamarjasuhkruks e. dekstroosiks. Proteaas erepsiin lahustab peptiidid amiinohappeiks.

Hatud sisaldavad rohkeid verekapillaare (jõhvsooni) ja küülus- e. piimandisoonteks siirduvaid lümfi-(koemahla-)ruume. Seeditud valkained ja süsivesikud imatakse verekapillaaridesse, rasvained aga küülussoontesse, mis hiljem oma sisu veenidesse valavad.

Lõppsool algab pimesoolega (*coecum*), mida mõnel loomarühmal (näit. lindudel) on kaks. Lõppsool on kõige pikem imetajail, koosnedes neil käärsoolest (*colon*) ja pärakuga e. aanusega lõppevast pärasoolest (*rectum*). Paljudel imetajail (eeskätt

taimtoidulisil) lõpeb pimesool erilise jädemelise (rudimentse) osaga, nn. pimesoole-ripikuga e. uss-jätkega (*appendix* e. *processus vermiformis*).

Kui pärasoole lõppossa suubuvad kuse- ja sugujuhad (hai-, rai- ja kopskaladel, kahepaikseil, roomajail, lindudel, munevail imetajail), siis kannab see kloaagi nime. Looteeas esineb kloaak kõigil selgroogseil. [Selgrootuist leiame kloaaki ainult vähestel vormidel, näit. ümmarusside isaloomil (joon. 116, b, Cl), keriloomil, loimureil, meripuradel, enamikul mantelloomist, nagu merituppedel, meritünnikesil.]

Lõppsoole-näärmed nõristavad ainult lima. Lõppsoole eesosas jätkub peensoolest siia nihkuva toidu seedimine ja imendumine. Et lõppsool oma sisust rohkesti vett ära imeb, muutuvad ekskremendid (roe) tavaliselt tahedaks. Taimtoidulisil imetajail toimub pime- ja käärsooles pisilasist ja algloomist abistatud tselluloosi-käärimine.

Selgroogsete seedekulgla seinad koosnevad suuremal osal selle ulatusest kolmest peakihist: limaskestast (*tunica mucosa*), lihaskestast (*tunica muscularis*) ja vadakkestast (*tunica serosa*).

Suuremat osa seedekulglast vooderdab selgroogseil entodermne epiteel (lame mitmekihiline neelus ja söögitorus, ainukihiline silindriline maos ja sooltorus). Ektodermne epiteel (lame mitmekihiline) esineb ainult suuõõnes ja pärakupiirkonnas.

Hingamiselundkond (*organa respirationis*). Hingamiseks e. respiratsiooniks nimetatakse hapniku sissevõtmist organismi ja organismi vabanemist süsihappegaasist, mis tekib kudedes. Ühes süsihappegaasiga eraldab organism hingamisel endast ka vett veeauru näol.

Ainurakseil loomil toimub hingamisgaaside vahetus rakupinna või selle osade kaudu. Tuikekublikutega (kontraktiilsete vakuoolidega) vormidel eritab antud rakuelund (organell) ühes veega ka selles lahustatud süsihappegaasi.

Hulkrakseil loomil jaguneb hingamistoime välimiseks ja sisemiseks. Välimisel hingamisel toimub hap-

niku ja süsihappegaasi vahetus välismaailma (õhu, vee) ja looma kehavedelike, sisemisel hingamisel ta kehavedelike ja rakkude vahel. Hingamisgaaside (O_2 ja CO_2) vahetust rakkude ja neid ümbritsevate kehavedelike vahel kutsutakse ka rakuhingamiseks e. keemiliseks hingamiseks.

Kumbagi mainitud hingamisvormi võib nimetada oksübiontiliseks (aeroobseks) e. hapnikuseluliseks (õhuseluliseks), vastandina anoksübiontilisele (anaeroobsele) e. hapnikutaelulisele (õhutuelulisele), mil ümbruskonnast (õhust, veest) hapnikku ei ammendata, ehkki vabastatakse süsihappegaasi.

Välimisel hingamisel toimub hingamisgaaside (O_2, CO_2) vahetus hapniku ja süsihappegaasi partsiaal- e. osarõhu vahe alusel välismaailma (õhu, vee) ja looma kehavedelike vahel. Hingamisgaaside vahetus toimub siin difusiooni e. seitimise seaduste alusel antud gaasi madalama partsiaalrõhu suunas.

Välimise hingamise tähtsamaid tegureid on vere värvirakkudes (kromotsüütides) või vere vedelas osas (vereplasmas) esinev respiratoorne pigment e. hingamisvärvis, näiteks rauda sisaldav hemoglobiin e. verepuna (verevärvnik) ja vaske sisaldav hemotsüaniin e. veresina.

Üks gramm hemoglobiini võib endasse neelata 1,34 cm^3 hapnikku. Hemoglobiini sisaldav veri imab ligi 100 korda enam hapnikku kui hemoglobiinita.

Helepunane hapnikune oksühemoglobiin muutub hapnikust vabanedes tume-sinkjaspunaseks redutseeritud (e. taandatud) hemoglobiiniks. Hapniku seostumine hemoglobiiniga ja vabanemine sellest on pöörduv e. reversiibel toime ja oleneb hapniku partsiaal- e. osarõhust.

Hemoglobiini leiame peale selgroogsete osal kärss- ja rõngussidest ning mõnel vähjal, putukal ja limusel.

Hemotsüaniin esineb ikka lahustunult verevedelikus. Hapnikuga ühinenud oksühemotsüaniin on si-

nine, redutseeritud hemotsüaniin (s. o. hapnikuta) aga värvitu. Hemotsüaniini hapnikku seostav võime võrdub $^2/_3$-ga hemoglobiini omast.

Hemotsüaniini omab veri paljudel limuseil ja vähkidel.

Sisemine hingamine (rakuhingamine, keemiline hingamine), s. o. hingamisgaaside vahetus looma koerakkude ja kehavedelike vahel, sünnib ainult osaliselt difusiooni (seitimise) ja absorptsiooni (neeldumise) füüsikaliste seaduste alusel. Siin toimivad rakud, nagu toitumisprotsessideski, teatava määrani isetegevalt, reguleerides oma hapnikutarvidust vastavalt oma iseloomule ja oma elutalitluste seisundile.

Ürgsemaks välimise hingamise vormiks tuleb pidada hingamist kogu kehapinna (skeletivaba kehapinna) kaudu e. nn. kutaanset e. nahahingamist. Nahaga hingavail loomil on üldiselt kehapind nende ruumalaga võrreldes kaunis suur. Nende nahk on võrdlemisi õrn ja niiske ning ainevahetus pole mitte väga tõhus. Nahahingamist leiame peamiselt vees ja niiskeis paigus elutsevail loomil (käsn-, nõges- ja kammloomil, puukidel, mõnel hulkjalgsel, alamail putukail, mõnel putuka vastsel ja vähjal, okasnahkseil, limuseil ja real kahepaikseist).

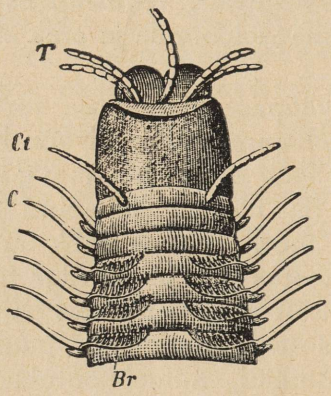
Enamikul loomist (eriti neil, kel on võrdlemisi suur keha ruumala ja kõrge organisatsioon) esinevad hingamistalitluse toimetamiseks erilised hingamis- e. respiratsioonielundid. Ka nahaga hingajail (näit. konnal) võivad esineda hingamiselundid. Hingamiselundid on tavaliselt koondatud vastavasse keha ossa, aga mõnikord (näit. putukate trahheed e. õhusooned) läbivad nad kogu keha.

Üldiselt esinevad loomade hingamiselundid kas keha pinnale või keha sisse suunatud pinnasuurenditena. Keha pinnale väljuvaiks hingamiselundeiks on lõpused (*branchia*), keha sisemuses asetsevaiks aga on trahheed e. õhusooned ja kopsud (*pulmones*).

Lõpused on seotud hingamisega vees, trahheed ja

kopsud hingamisega õhus. Trahheede ja kopsude paigutus keha sisemusse kaitseb neid õhu kuivatava mõju ja mehaanilise vigastuse eest.

Lõpused on õrnad, peeneseinalised, vererikkad niitjad, oksjad, kamjad, sagarjad, lehtjad naha- või limaskesta jätked (joon. 122, 123, 124). Neid katab ainukihiline epiteel, sageli virveepiteel. Lõpused asetsevad tavaliselt selliseis kehapinna paikades, kuhu on vaba juurdepääs värskel hapnikulisel veel.

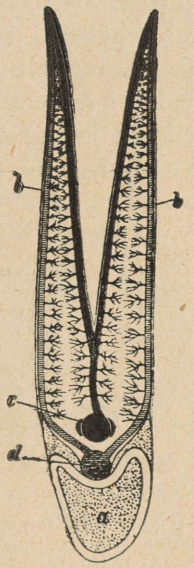


Joon. 122. Rõngussi (*Eunice*) pea ja eesmised kehasegmendid selja poolt. C — jäsendite e. parapoodide väädikud (*cirri*); Ct — tundelväädikud; Br — jäsenditel olevad lõpused; T — kombitsad.

Asupaiga varje suhtes jagunevad lõpused välis- ja siselõpuseiks. Välislõpused paigustuvad varjamatult vabal kehapinnal [näit. paljudel rõngussidel (joon. 122), mõnel limusel, kahepaiksete kulleste välislõpused]. Siselõpused asetsevad harilikult keha piirkonnis, mis on välismaailma kahjustavate mõjude eest enamvähem kaitstud (näit. limuste mantliõõnes, vähkide koorikuservade all, kalade lõpuskottides või lõpuskaane all varjatud lõpused) (joon. 124).

Kuna mõne loomahõimkonna eri rühmade esindajail on lõpused ainult analoogsed e. sarnandilised moodustised (näit. tagalõpuseliste limuste rühma kuuluvail katelõpuseliste primaarsed ja paljaslõpuseliste se-

kundaarsed lõpused), on need kõigil selgroogseil homoloogsed e. samandilised arendid. Need asetsevad kõigil selgroogseil seedekulgla neelupiirkonnas. Lootel tekib selles piirkonnas kummalgi pool rida sümmeetriliselt paigustatud entodermseid väljasopistisi, mis naha ektodermilt neile vastu sopistuvate sugemetega ühinedes arenevad kas lõpuskottideks (hai- ja raikaladel) või lõpuspiludeks (luulisil kaladel).



Joon. 123. Ristilõik lõpuslehti kandvast luukala lõpuskaarest. a — luust lõpuskaar; b — verekapillaare sisaldavad lõpuslehed; c — lõpustuiksoon, mis toob venoosset verd lõpustesse; d — lõpusveen, mille kaudu arteerne veri voolab aordikaartesse.

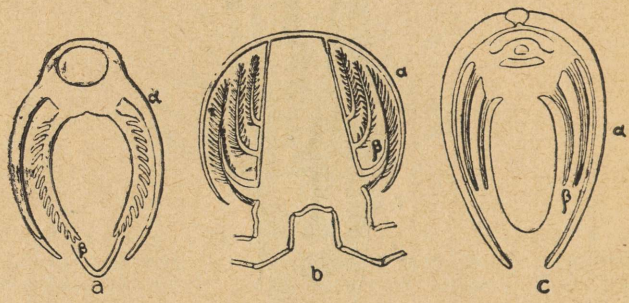
Lõpused tekivad lõpuskottide või lõpuspilude seintel rööbitiste kurdudena, lantsetjate lehekestena või põõsasjalt hargnevate arenditena (joon. 123).

Hingamine siselõpustega varustatud selgroogseil koosneb kahest faasist. Inspiratsioonil e. sissehingamisel tungib vesi läbi suuava (paljudel hai- ja raikaladel ka läbi silmade taga asetsevate hingatsite) neelu, ekspiratsioonil e. väljahingamisel

aga neelust lõpuspilude (resp. -kottide) kaudu välja, uhades üle seejuures lõpused (joon. 125).

Mõned lõpustega varustatud veeloomad võivad ajutiselt veest väljudes õhku hingata. Ühed neist niisutavad lõpuseid veega (näit. maakrabilised), teised omavad erilisi lisa-hingamiselundeid (näit. labürintkalad).

Mõned loomad võivad hingata kogu seedekulgla kaudu („soolehingamine"), näit. mõned väheharjaselised rõngussid, mõned putukavastsed, mõned kalad. Roomajate, lindude ja imetajate looted hingavad sooltoru tagaosa erilise väljasopistise, kusekoti e. allantoisi kaudu. Mõned kahepaiksed ja vastsündinud imetajad võivad hingata suuõõne limaskesta varal.



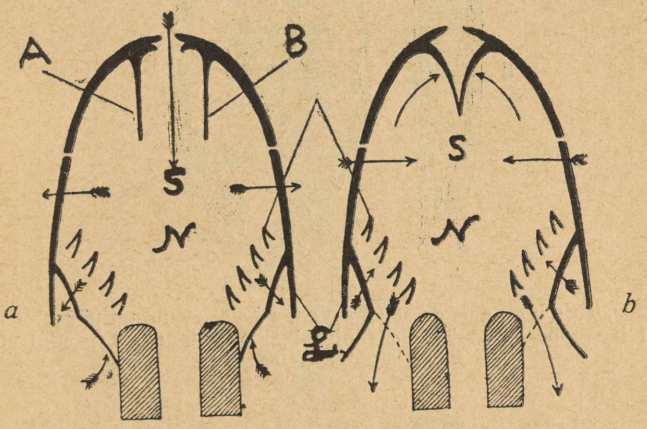
Joon. 124. Ristilõik lõpuspiirkonnast, et näidata sise-lõpuste asetust. a — kalal, b — vähjal, c — karbil (limusel); α — lõpuskaas e. lõke (kalal), koorik (vähjal), mantel karbipoolega (limusel); β — lõpused.

Trahheede e. õhusoonte abil hingab osa ämblikke, trahheeloomad (s. o. küüsikloomad, hulkjalgsed ja putukad).

Putukail esinevad trahheed kogu keha läbiva, üksteisega ühenduses olevate õhku sisaldavate torude süsteemina. Selles torude süsteemis leiame kaks pikisuunalist peatüve, mida võivad ühendada ristisuunalised harud ja mil võivad esineda põisjad puhetised, nn. trahheepõied (joon. 126). Trahheed tekivad naha sisse sopistudes ja püsivad välismaailmaga ühestuses stigmade e. hingeavade kaudu. Stigmade läbi pääseb hingamisõhk trah-

heestikku ja tagasi välja. Trahheesid vooderdab seest kutiikulaga (koorkestaga) kaetud epiteel. Kutiikula moodustab spiraalse paksendi, nn. keeritsniidi, mille ülesandeks on lahti hoida trahheede valendikku (joon. 127).

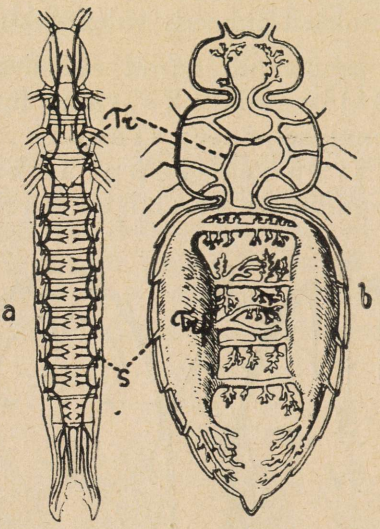
Trahheede peenemad harud ahenevad keeritsniidita trahheekapillaarideks (jõhvõhusooniks). Trahheekapillaarid tungivad rakusiseste (intratsellulaarsete) kanalitena trahhee-lõpprakkudesse, moodustades üksteisega tiheda trahheevõrgu.



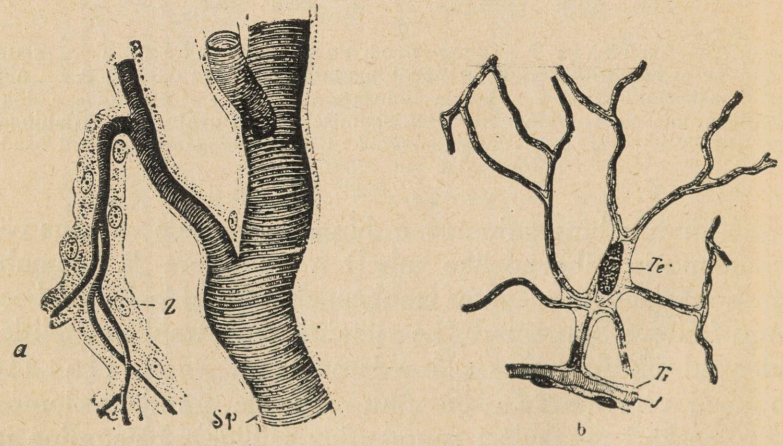
Joon. 125. Luukala hingmismehhanismi skeem. a — sissehingamine e. inspiratsioon; b — väljahingamine e. ekspiratsioon; A — alalõua limaskestakurd; B — ülalõua limaskestakurd; L — lõpuskaas e. lõke kidekilega, mis suleb lõkmepilu sissehingamisel (a) ja avab selle väljahingamisel (b); N — neel; S — suuõõs; nooled märgivad hingamisaparaadi osade liikumise ja vee voolu suunda.

Välimine hingamine (s. o. hingamisgaaside vahetus välismaailma ja kehavedelike vahel) toimub vere- ja koemahlaga kokkupuutes olevate trahheedekapillaaride ja trahheevõrgu kaudu. Suuremad (keeritsniitidega) trahheed talitlevad vaid õhujuhadena. Jämedamais, nn. ventilatsioonitrahheedes on õhu liikvele panijaks looma keha (eeskätt tagakeha) segmentide (lülide) paisumine ja ahenemine. Paisumisel avarduvad trahheed ja imevad enestesse stigmade kaudu õhku. Segmentide ahenemisel aga surutakse õhk trahheedest välja. Peenemais trahhee-

des toimub õhuvahetus difusiooni (seitimise) teel. Seitimise teel toimub väline hingamine ka putukate vastseil ja



Joon. 126. Trahheed e. õhusooned. a — ürgputukas — naarhänd (*Japyx*); b — mesilane; Tr — trahheed e. õhusooned; Trp — trahheepõis; S — stigma e. hingeava.

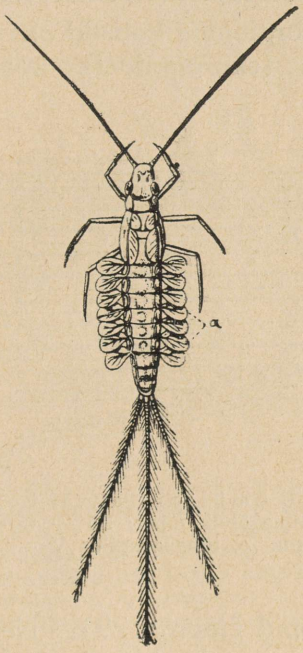


Joon. 127. a — trahhee e. õhusoone tükk; b — trahhee-kapillaar e. jõhvõhusoon trahhee-lõpprakuga; I — trahheekapillaar; Sp — keeritsniit; Te — trahhee-lõpprakk rakusiseste (intratsellulaarsete) trahheekapillaaridega; Z — trahhee-epiteel.

nukkudel ning väikesil vormidel niihästi putukaist kui ka hulkjalgseist.

Küüsiklasil ja enamikul hulkjalgseist esinevad trahheed hulgast torukesist koosnevate metameersete kimpudena. Iga kimbu torukesed ühinevad lühikeseks üldtoruks, mis stigma kaudu välja suubub.

Eripäraseiks, niihästi lõpuseid kui ka trahheesid meenutavaiks hingamisriistadeks on nn. trahheelõpused.



Joon. 128. a — trahheelõpused kiilkärblasel *Cloëon dipterum*'il.

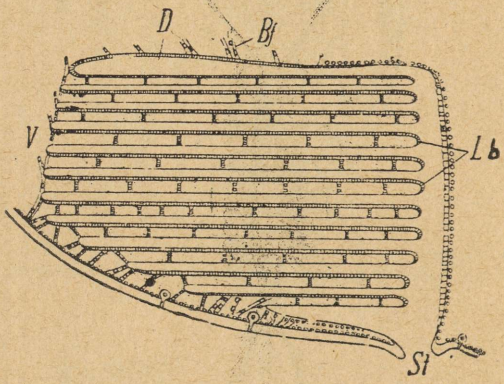
Viimased iseloomustavad mõne sihktiivalise ja mõne kärbselise vees elutsevaid vastseid (joon. 128). Trahheelõpused esinevad mõigu või lehe laadi, trahheesid sisaldavate nahajätketena kas tagakehal (puruvanalasil), tagakeha külgedel (kiilkärblasil), tagakeha lõpul (liidriklasil, mõnel kahetiivalisel) või ruumikas pärasooles (kiillasil). Stigmad puuduvad ning hingamisgaaside vahetus vee ja trahheede

vahel toimub imendumise (resorptsiooni) ja nõristamise (sekretsiooni) teel.

K o p s u d (*pulmones*) esinevad rikka veresoonestikuga varustatud kotjate või mõikjate moodustistena, mille siseruum on tavaliselt hulga vaheseinte varal eristunud kambrikesiks, torukesiks, sompudeks. Kopse leiame kopstigulisil, ämblikulaadseil ja õhku hingavail selgroogseil.

Kopstiguliste kops esineb muundunud m a n t l i õ õ n e n a, milles on arenenud rikas veresoonestu.

Ämblike ja skorpionide kopsud on t a g a k e h a või e e s - t a g a k e h a (skorpionidel) kõhupoolel avanevad



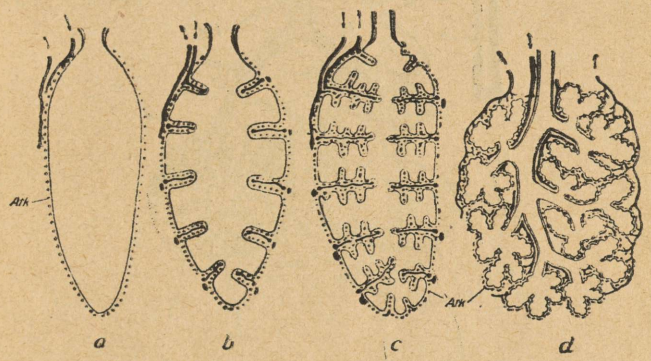
Joon. 129. P a k s u t i l õ i k ä m b l i k u l e h v i k k o p s u s t (skeem). Bf — sidekoe kiud; D — selgmine õhukamber; Lb — verega läbitud kopsulehed; St — stigma- e. hingeavapilu; V — eeskülg.

tasku laadi nahasopid (joon. 129). Neis sisaldub nagu lehti raamatus rida vererohkeid nahaliistakuid. Need tekivad naha vastavate alade sissesopististena ja on suguvõsaloolt naha alla siirdunud välislõpused, millistena need praegu veel esinevad hiidürgvähjalisel odasabal. Nad kannavad l e h v i k k o p s u d e nime.

Meripuradel (okasnahkseist) leiame nn. v e e k o p s e. Need esinevad kahe suure põõsasjalt hargneva mõiguna ja suubuvad tavaliselt üldosaga lõppsoolde. Vesi pääseb neisse päraku kaudu ja uuenduseks surutakse neist vahetevahel suure jõuga välja.

Selgroogsete kopsud tekivad neelu tagaosa kõhtmise seina kas paaris (kahepaikseil) või paaritu (roomajail, lindudel, imetajail) sopina. Suguvõsalooliselt on selgroogsete kopsud tuletatavad ühest tagumisest lõpuskoti-paarist ja on ilmselt samandilised (homoloogsed) kalade ujupõiega (või ujupõitega). Kopskaladel võivad ujupõied talitella kopsudena.

Kopsusugeme neelupoolne osa eristub kõriks (*larynx*), kõrilõõriks (*trachea*) ja (kõri-)lõõriharudeks e. kopsutorudeks (*bronchi*), kuna kaugmine osa areneb kopsudeks.



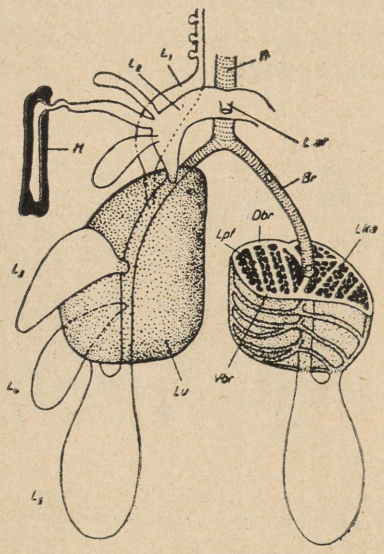
Joon. 130. Selgroogsete kopsude skeemid. a — sileseinane kott (mõned kahepaiksed, näit. vesilik); b — kopsu siseseinal kõrged kurrud (mõned kahepaiksed); c — kurrud kopsu siseseinal kõrgemad ning varustatud teiseste kurdudega, seega on kopsu piirdepoolne osa eristunud kambrikesiks, kuna keskpidine osa esineb kopsusisese kõrilõõri- e. hingetoru-haruna (intrapulmonaarse bronhhusena) (mõned kahepaiksed ja roomajad); d — imetaja kopsu kopsutorukese e. bronhhiooluse lõppharud; Atk — kopsu verekapillaarid; nooled näitavad vere juurde- ja äravoolu kopsudes.

Kahepaiksete kopsude siseseinad on kas siledad või sombulised. Roomajail tekivad vaheseinad, mis eristavad kopsude siseruumi sombulisiks kärgjaiks kambriteks (joon. 130, c).

Lindudel algab kopsusisesest esmasest (primaarsest) bronhhusest tavaliselt kaks rida teiseseid (sekundaarseid), mida omasoodu ühendavad kolmandased bronhhused e. nn. kopsuvilekesede.

parabronhhused. Kopsuvilekesist väljuvad bronhioolid e. kopsutorukesed, mis omasoodu siirduvad üha peenemaks hargnevaiks õhukapillaarideks(-jõhvsoonteks). Naaberkopsuvilekeste õhukapillaarid on üksteisega ühestuses, moodustades kogu kopsu läbiva veresoonerikka võrgu (joon. 131).

Linnukopsude kõhtmiselt küljelt algab mitu paari õhku sisaldavaid kilejaid õhu-(kopsu-)kotte. Õhukottide



Joon. 131. Linnu kopsude ja õhukottide skeem. Vasem kops on risti pooleks lõigatud; Br — (kõri)lõõriharu e. hingetoru-haru (*bronchus*); Dbr — selgmised bronhhused; H — õlavars; L_1—L_5 — õhukotid; L_1 — tservikaalne e. turjakott kanalikujulise, kaela piirkonda suunduva osaga, millest jätked siirduvad selgroo kaelalülidesse; L_2 — kõrilõõri- e. hingetorupidine õhukott, millest väljasopistised siirduvad käsivarreluudesse ja lihaste vahele; L_3 ja L_4 — kõhtmine ja selgmine rindkere õhukott; Lst — kõrilõõripidise õhukoti ühestus rinnakus e. mälves oleva õhukotiga; Lka — õhukapillaarid; Lpf — kopsuviled; Lu — kops; Tr — kõrilõõr e. hingetoru; Vbr — kõhtmised bronhhused.

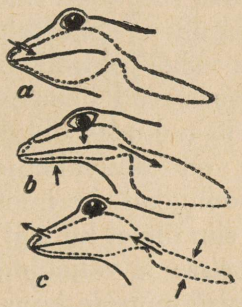
harud tungivad kõikjale sisikondade ja lihaste vahele, naha alla ja isegi luudesse, põhjustades luude pneumatitsiteeti e. õhusisaldavust (joon. 131).

Imetajail hargnevad bronhhused hulgaks bronhhiooleks e. kopsutorukesiks, mis lõpevad

lehtrikujuliste kotikestega, nn. kärgjate juhakestega (*ductuli alveolares*) (joon. 130, d).

Viimaste kärjelised (sombulised) seinad on vooderdatud respiratoorse e. hingamisepiteeliga, mille kaudu toimub hingamisgaaside vahetus kopsuvere ja õhu vahel.

Maismaa-kahepaiksed hingavad niihästi suuõõne veresoonerikka limaskesta („suuhingamine") kui ka kopsude varal („kopsuhingamine"). Suuhingamisel pumbatakse õhk ninasõõrmete kaudu suuõõnde ja välja tagasi. Kopsuhingamisel toimub sissehingamine õhku suuõõnest kopsudesse neelates. Seejuures ahendatakse



Joon. 132. Konna hingamismehhanismi skeem. a ja b — inspiratsioon e. sissehingamine; c — ekspiratsioon e. väljahingamine.

suuõõs suupõhja tõustes ja silmade alla surudes. Väljahingamine sünnib sel teel, et õhk kopsudest välja surutakse nende kerksuse (elastsuse), samuti ka kõhulihaste kokkutõmbe tõttu (joon. 132).

Enamikul roomajaist, lindudel ja imetajail põhjustab kopsude paisumist ja ahenemist sisse- ja väljahingamisel rindkere ruumala suurenemine ja vähenemine. Rindkere ruumala suurenemist ja vähenemist tingib roiete tõusmine ja vajumine. Rindkere ruumala suurenemisel kopsud paisuvad, täitudes õhuga. Rindkere ruumala vähenemisel aga surutakse õhk kopsudest välja.

Imetajail aitab ka rinnaõõnt kõhuõõnest lahutav diafragma e. vahelihas kokku tõmbudes ja lõtvudes suurendada ja vähendada rinnaõõne siseruumi.

Tõhusal hingamisel võivad isegi kõhulihased hingamistööle rakenduda.

Ka kopsude elastsus (kerksus) aitab neist õhku välja suruda. Pinguli õhuga täidetud kops püüab õhust vabanedes oma elastilist tasakaalu tagasi saada. Roomajail aitab ka kopsude rohke silelihaskude kokku tõmbudes nende õõnt väljahingamisel vähendada.

Lindudel toetavad kopsude tuulutamist (ventilatsiooni) õhukotid. On lind puhkeolekus, siis paisuvad ja ahenevad ühes rindkere ruumi suurenemisega ja vähenemisega ka sisikondade vahel asetsevad õhukotid, surudes ja imedes õhku läbi kopsu.

Lendav lind ei saa sooritada rindkere ruumi paisutavaid ja ahendavaid liigutusi. Siin toimetavad kopsude tuulutamist lennulihaste vahel olevad õhukotid. Need õhukotid paisuvad ja ahenduvad lihaste lõtvumisel ja kokkutõmbumisel, imedes ja puhudes õhku läbi kopsude.

Kuna lindudel on õhuvahetus kopsudes peaaegu täielik, on see roomajail ja imetajail ebatäielik. Elav kops ei tühjene siin õhust kunagi täielikult. Nii näiteks vahetub igal tavalisel sisse- ja väljahingamisel 5 liitrist õhust, mida mahutab keskmise inimese kops, ainult ½ liitrit.

Ringeelundkond (*organa circulationis*). Ringeelundkonna ülesandeks on: 1) toitainete ülekanne seedekulglast ja hapniku ülekanne hingamiselundeist nende tarvitamis- või talletamis- (toidu puhul) paikadesse, 2) ainevahetusel tekkivate jääkide toimetamine elundeisse, mille kaudu need kehast eemaldatakse.

Käsikäes sisesekretsiooni- e. sisenõristuselunditega (vt. sisesekretsiooni-elundid) teostab ringeelundkond looma kehaosade vahel valitsevaid keemilisi seoseid (korrelatsioone e. suhtumusi).

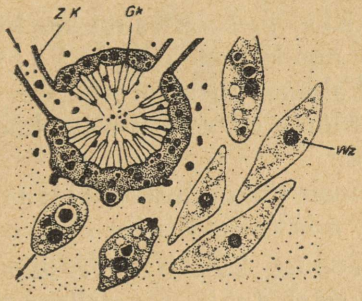
Peale selle toetab ringeelundkond erituselundkonna tööd looma sisemise keskkonna, s. o. koemahlade koostise püsitamisel.

Paljude algloomade entoplasmas toimuvat tiirlevat liikumist ja sellest põhjustatud toitekublikute ringimist (tsük-

loosi) võib samastada toitva vedeliku — vere liikumisega hulkrakse kehas.

Tavalisemaid ringeelundkondi on veresoonestik, kuid selle ülesandeid võivad täita ka gastrovaskulaarne süsteem (resp. gastraalõõs) ja kehaõõnis.

Käsnadel, nõges- ja kammloomil, rips- ja imiussilisil talitleb ringeelundkonnana gastrovaskulaarne e. sooleringe-süsteem (näit. meduusil) või gastraal- e. maoõõs (näit. hüdral) (joon. 24, 114, 115). Gastrovaskulaarse süsteemi entodermirakkudest levib toit



Joon. 133. Elusa järvekäsna (*Spongilla*) viburiskamber ja rändrakud. Looma toidetakse vette riputatud karmiiniterakestega. Neid terakesi õgivad kaelusesed viburisrakud ning vabastavad need käsna keha tarteljasse põhimassi — mesenhüümi. Siit ahmivad neid rändrakud, sulevad oma toitekublikuisse ja kannavad kõikjale laiali. Gk — viburiskamber; Wz — rändrakk; ZK — toomakanal.

kõikjale looma kehasse, seitides kas läbi teiste rakkude või rakuvaheliste lünkade.

Käsnadel teostavad rändrakud toidu ülekannet toitvate ruumide kaelusrakkudelt (koanotsüütidelt) teistele kehaosadele (joon. 133).

Kehaõõnist ja veresoonestikku täidab valkusid ja soolasid sisaldav vedelik. Ses vedelikus heljuvad tavaliselt rakud — tsölomotsüüdid e. kehaõõnisrakud ja hemotsüüdid e. vererakud (selgroogseil amöbotsüüdid e. amööbrakud ja kromotsüüdid e. värvirakud).

Ringeelundkonnana võib talitella kas primaarne e. esmane (näit. ümmarussidel) või sekundaarne e. teisene (näit. harjaslõugseil) kehaõõnis.

Vedeliku kuletajaks kehaõõnises on kehaseinte kokkutõmme, seedekulgla tõmblused ja virveepiteeli ripsmete liigutused.

Veresoonestikku kui ringeelundkonda leiame peale väheste erandite loomil, kel on (või oli looteeas) teisene kehaõõnis (rõngussidel, lülijalgseil, limuseil, kombitspärgseil, neelhingseil, okasnahkseil, mantelloomil, koljutuil, selgroogseil). Esmase kehaõõnisega lameussidest esineb veresoonestik ainult kärssussidel.

Vere liigutajaks veresoontes on kas kõikide veresoonte või ainult ühe nende osa peristaltika e. rudivoole (mil kokkutõmbelaine kulgeb piki soont) või süda (*cor*). Mõnikord esineb mitu kooskõlaliselt töötavat südajat elundit.

Tavaliselt omab süda erilist sulustikku e. klapiaparaati, mis korraldab vere voolusuunda.

Enamikul loomist kulgeb veri ikka samas suunas. Ainult vähestel (näit. mantelloomil) muutub vere voolusuund perioodiliselt vastupidiseks.

Süda töötab kui imev ja suruv pump.

Koosneb süda osadest (näit. kojast ja vatsakesest), siis töötavad need korrapärases järjestuses. Südame või selle osade töö koosneb kahest peafaasist: diastoolist e. südamelõtvest ja süstoolist e. südamekoondest. Südamelõtvel täitub süda või selle osad verega, südamekoondel aga surutakse südamest või selle osadest veri välja.

Nii süda kui ka rütmiliselt tuikavad veresoonestiku osad töötavad automaatselt, s. o. nende liigutuste põhjus peitub neis enestes.

Südame automaatsuse e. isetegevuse seletuseks on üles seatud kaks teooriat.

Neurogeense e. närvitekkese teooria järgi on südamelihase ärritajaks ja sellest tekkiva erutuse edasijuhti-

jaks südamelihases peituvate närvirakkude talitlus. Selliseid närvirakke on leitud südamelihases niihästi selgrootuil (vähkidel, ämblikulisil ja nähtavasti ka putukail) kui ka selgroogseil.

M ü o g e e n s e e. lihasetekkese teooria kohaselt peitub südame rütmilise tegevuse põhjus südame lihasrakkudes enestes. Ka südame osade kooskõlaliseks tööks vajalik erutuse juhtimine ühest südameosast teise toimub lihasrakkude kaudu.

Müogeense teooria kasuks räägivad muu seas ka eksplantatsiooni-(koearetus-)katsed, mida on sooritatud südamekoega. Närvirakkudest vabastatud südamelihase killud tõmblevad iseseisvalt. Kui kaks sellist elavat koekildu ühte kasvavad, siis tõmblevad nad samaaegselt, sünkrooniliselt.

Selgroogseil, samuti ka paljudel selgrootuil (kõrgemail vähkidel, limuseil) r e g u l e e r i b südame rütmilist tegevust (seda kiirustades või aeglustades) kesk-närvisüsteem.

Ehkki süda töötab tõugetega, pole verevool temaga seotud veresoontes, või kui veresooned puuduvad, südamega ühendatud ruumides kudede ja elundite vahel mitte tõukeline, vaid p i d e v. Sellise pideva verevoolu põhjuseks on veresoonte või kehakudede elastsus. Sellest verd ümbritsevate osade elastsusest oleneb v e r e r õ h k.

A r t e e r i d e. t u i k s o o n e d juhivad südamest verd välja, v e e n i d e. t õ m b s o o n e d toovad verd südamesse (joon. 139, 140).

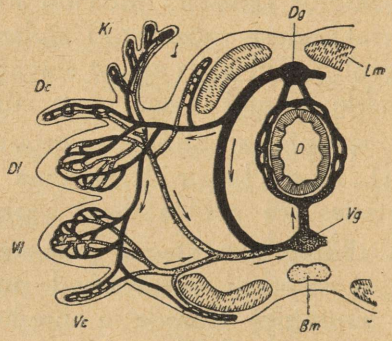
Veresoonestik võib olla k i n n i n e ja l a h t i n e. K i n n i s e s veresoonestikus ühendavad arteere veenidega k a p i l l a a r i d e. j õ h v s o o n e d (joon. 140). Kapillaaride kaudu toimubki olluste vahetus vere ja seda ümbritsevate kudede vahel. L a h t i s e s veresoonestikus valgub veri südamest või arteeridest kehaõõnisesse ja siit kas vahetult või veenide kaudu tagasi südamesse (joon. 136, 137).

Ühtedel (näit. vähkidel, limuseil) sisaldab süda h a p n i k u l i s t e. a r t e e r s e t verd, teistel (näit. kaladel) s ü s i h a p p e l i s t e. v e n o o s s e t. Üldiselt sisalda-

vad arteerid arteerset, veenid venoosset verd. Ainult lõpus- ja kopsuarteerid kannavad venoosset, lõpus- ja kopsuveenid arteerset verd.

Ehituse alusel tehakse vahet 5 veresoonkonna-tüübi vahel. Need on: rõngussi-, lülijalgse-, limuse-, okasnahkse- ja selgroogsetüüp.

Rõngussi e. anneliidi tüüpi veresoonkond esineb selgmise ja kõhtmise pikisoonena, nn. selja- ja kõhusoonena, mida ühendavad enamikus metameersed ristipidised ringsooned (joon. 134, 135). Vere



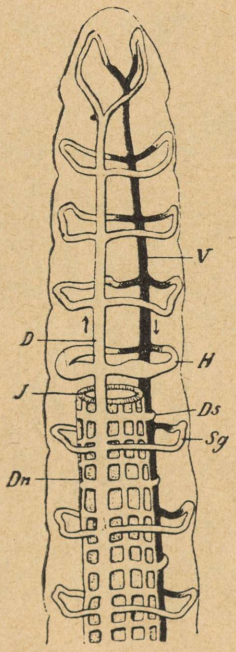
Joon. 134. Hulkharjaselise rõngussi ringeelundkond ristilõigus (skeem). Toidurikas ja hapnikuvaene veri, mis sooltoru kapillaaridest suundub selgmisesse pikisoonde ja siit ringsoonde ning jäsendisse (parapoodi) (Dl ja Vl) ja selle jätketesse (Ki, Dc, Vc) on joonisel märgitud mustaks. Jäsenditest ja selle jätkeist pikisuunalisse kõhusoonde tagasi voolav hapnikune veri on joonisel kujutatud heledana; Bm — kõhuaju; Dc — selgmine väädik (dorsaaltsirrus); Dg — selgmine pikisoon; Dl — jäsendi selgmine sagar; Ki — lõpus; Lm — pikilihased; Vc — kõhtmine väädik; Vl — jäsendi kõhtmine sagar.

liigutajaks on selgmine pikisoon või ka puhetised ringsoontel. Veresoonkond on kinnine ja veri voolab seljasoones pea poole, kõhusoones aga vastaspoole.

Lülijalgse e. artropoodi tüüpi veresoonkonna tsentraalseks osaks on seedekulglast selgmiselt asetsev metameerseist osadest koosnev süda. Südame külgi läbivad metameersed, sulgudega varustatud avadepaarid — suistikud (*ostia*). Südame eesmine ja sageli ka tagumine ots siirdub kehaõõnisesse suubuvaks vere-

sooneks. Seega on veresoonkond lahtine ja veri täidab kogu kehaõõnist, mis lülijalgseil on tekkinud esmase ja teisese kehaõõnise liitumisest (joon. 136, 137).

Südant ümbritsev kehaõõnise osa kannab perikardiaalse siinuse e. südameümbriselise urke nime. Kõhtmiselt piirab viimast avadest läbitud perikardiaalne septum e. südameümbriseline vahesein.



Joon. 135. Rõngussi ringeelundkonna eesmine osa (skeem). D — selgmine pikisoon e. seljasoon; Dn — soole soonestuvõrk; Ds — soole soonestuvõrgu ühendus kõhtmise pikisoone e. kõhusoonega; H — südajas ringsoone puhetis; I — sool; V — kõhtmine pikisoon e. kõhusoon; nooled näitavad vere liikumise suunda.

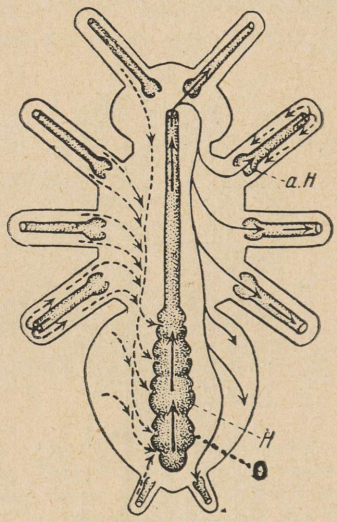
Süda töötab peristaltiliselt (rudivooleliselt), kokkutõmbe laine siirdudes tagant ettepoole.

Südamekoondel surutakse veri mõlema südameotsa kaudu kehaõõnisesse ja siit ka jäsemeisse, lõpustesse (vähkidel), kopsudesse (ämblikulaadseil). Kehaõõnisest valgub

veri perikardiaalsesse siinusesse, kust ta suistikkude kaudu südamesse tagasi imetakse.

Putukail leiame sageli tundlate, jäsemete ja tiibade põhimikosades abi- e. auksiliaarseid südameid, mis verd jäsemeisse pumpavad (joon. 136).

Kümnejalgseil vähkidel, paljudel ämblikel ja skorpionel väljuvad südamest võrdlemisi pikad arteerid. Kuid ka need avanevad kehaõõnisesse. Kümnejalalisil vähkidel esinevad



Joon. 136. Putuka vereringe skeem. H — süda; a.H — abi- e. auksiliaarsed südamed; O — suistik (*ostium*); pidevajoonelised nooled näitavad vere liikumise suunda südames ja südamest piirde poole; katkendjoonelised nooled märgivad vere voolusuunda keha piirdeosast südamesse.

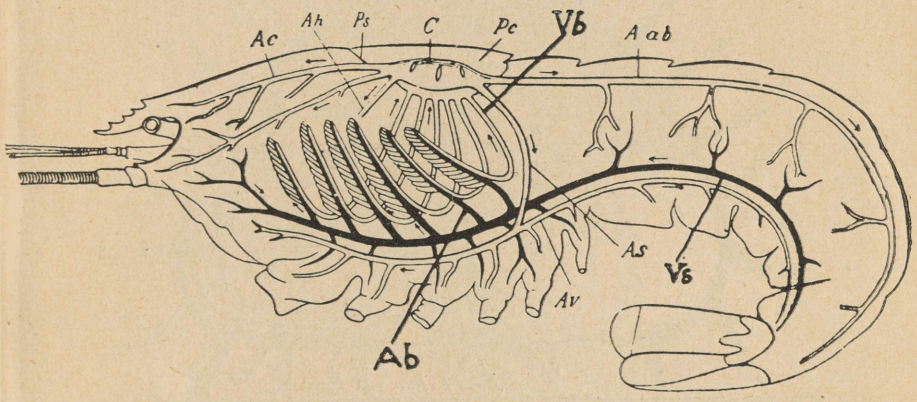
isegi venoosset verd lõpuseisse juhtivad lõpusarteerid ja arteerset verd lõpustest südameümbriselisse urkesse toovad lõpusveenid (joon. 137).

Limuse e. molluski tüüpi veresoonkond. Seedekulglast selja pool asetsev süda koosneb tavaliselt kahest õhukeste seintega kojast (*atrium*) ja ühest paksulihaselise seinaga vatsakesest (*ventriculus*) (joon. 107). Kodadest vatsakesesse viivad avad (kummalgi kojal üks) on varustatud nn. atrioventrikulaarsete e. kojavatsakese sulgudega.

Need sulud lubavad verel liikuda ainult ühes suunas — kodadest vatsakesesse. Vatsakesest kulgeb veri arteeride kaudu kehasse. Siin avanevad arteerid esmasesse kehaõõnisesse. Kehaõõnisest koondub veri veenide kaudu üle lõpuste tagasi südamekodadesse.

Südant ümbritseval teisest kehaõõnist sisaldaval südamepaunal e. perikardil puudub ühestus veresoontega.

Limustel sisaldab süda arteerset verd.



Joon. 137. Merivähi e. homaari (*Astacus gammarus*) ringelundkond ühes lõpustega. Aab — selgmine tagakeha — (abdominaal-)arteer; Ab — lõpusarteer; Ac — silmaarteer; Ah — maksaarteer; As — rinnakuarteer (*arteria sternalis*); Av — kõhuarteer; C — süda kolme suistikupaariga (*ostia*); Pc — südameümbriseline urge e. perikardiaalne siinus. Ps — südameümbriseline vahesein e. perikardiaalne septum; Vb — lõpusveen; Vs — kõhtmine veeniurge (-siinus).

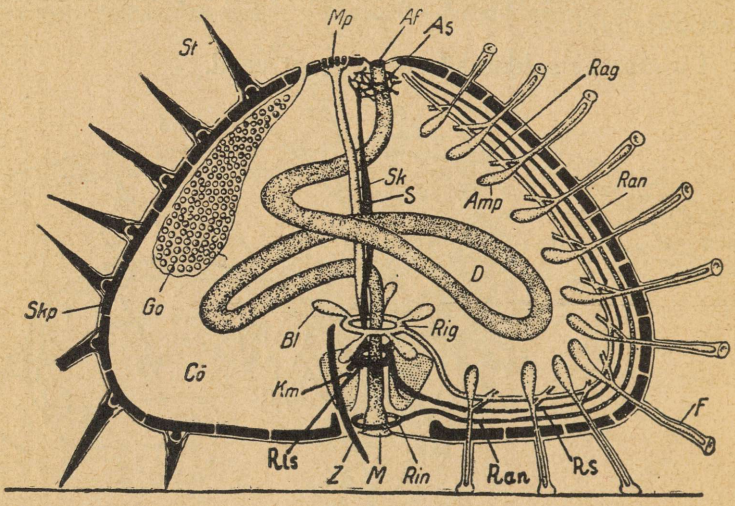
Okasnahkse e. ehhinodermi tüüpi veresoonkond koosneb välimise närvisüsteemi all asetsevast, suuava ümbritsevast oraalsest e. suupoolsest ring-veresoonest ja sellest kiirharudesse (meri- ja madutähtedel) või hiljuseraadiustesse (merisiilikuil, meripuradel) suunduvast viiest kiirjast e. radiaalsest veresoonest (joon. 138).

Mõnedel (meritähtedel ja madutähtedel) esineb peale oraalse ringsoone ka aboraalne e. suuvastane ringsoon e. urge (siinus).

Mõnedel (meripuradel, merisiilikuil) on seedekulgla varustatud s e l g m i s e ja k õ h t m i s e pikisoonega.

Oraalse ja mõnedel ka aboraalse ringsoonega on seotud nn. s ü d a e. t e l g e l u n d (e. neer e. munajas e. lümfaatiline nääre). Telgelund sisaldab lümfirakkude laadi ümmarikke rakkusid ja ei tuika.

Kindlat vere liikumissuunda okasnahkseil pole leitud.



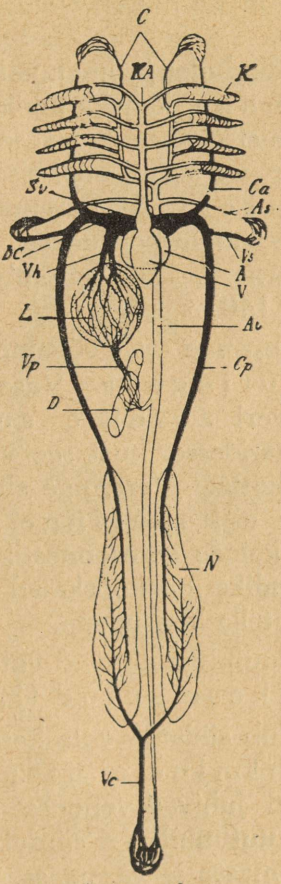
Joon. 138. P i k i l õ i k m e r i s i i l i k u s t (skeem); paremal läbib lõik raadiuse (kiire) e. ambulakri (hiljuse), vasemal — interraadiuse (e. vahekiire) e. interambulakri (e. hiljusevahe); Af — pärak; As — aboraalne e. suuvastane vereurge (-siinus); Amp — ampull e. kupal; Bl — Poli' põis; Cö — tsöloom e. teisene kehaõõnis; D — sool; F — ambulakraal- e. hiljusejalake; Go — gonaad e. sugunääre; Km — mälumislihastik; M — suu; Mp — madrepoorplaat e. sõelliistak; Rag — radiaalne ambulakraalsoon e. kiirjas hiljusesoon. Ran — radiaal- (e. kiirjas) närviväät; Rig — rõngasjas e. ring-ambulakraal- (-hiljuse) soon; Rin — rõngasjas närviväät (e. ringväät); Ris — oraalne e. suupoolne ring-veresoon; Rs — radiaalne e. kiirjas veresoon; S — süda (telgelund e. neer e. munajas e. lümfaatiline nääre); Sk — kivikanal (*hydroductus*); Skp — skelettplaat e. toesliistak; St — okas; Z — mälumisaparaadi e. nn. aristootelese laterna hammas.

S e l g r o o g s e e. v e r t e b r a a d i t ü ü p. Selgroogsete ringeelundkond on k i n n i n e ning koosneb kahest üksteisega ühestuses olevast osast: v e r e s o o n e s t i k u s t ja l ü m f i s o o n e s t i k u s t.

S ü d a asetseb selgroogseil, nagu teistelgi keelikloomil (mantelloomil, koljutuil), keha kõhupooles (seede-

kulgla all). Südant ümbritseb s ü d a m e p a u n (perikard), mille õõs, nagu limuseilgi, esineb teisese kehaõõnise tekisena.

Kalade süda omab ainult ü h t e koda ja ü h t e vatsakest. Mõlemad sisaldavad venoosset verd (joon. 139).



Joon. 139. L u u k a l a v e r e r i n g e s k e e m. Arteerid on valged, veenid mustad; arteere seovad veenidega kapillaarid; A — südamekoda; Ao — alanev aort (suur tuiksoon); As — ees-(rinna-)uimesse suunduv rangluualune tuiksoon; C — unetuiksoon (e. karootis); Ca ja Cp — eesmine ja tagumine kardinaalveen; D — sool; DC — Cuvier' juha; K — lõpused; KA — kõhtmine e. ülenev aort parema ja vasema lõpusarteeride reaga; L — maks maksavärati-süsteemiga; N — neerude värativeeni süsteem; Sv — venoosne siinus e. tõmbsoonte urge; V — südamevatsake; Vc — sabaveen; Vp — värativeen; Vh — maksaveen; Vs — rangluu-alune tõmbsoon.

Kahepaikseil ja roomajail on koda eristunud vasemaks ja paremaks pooleks. Vasem koda saab kopsuveenidest arteerset, parem kehaveenidest venoosset verd. Vatsakeses segunevad mõlema koja vered, ehkki see segunemine pole täielik, tänu vatsakese siseseina urbsusele kahepaikseil ja tas täiuseta vaheseina esinemisele roomajail.

Krokodillidel, lindudel ja imetajail on vatsake täielikku vaheseinaga kaheks pooleks jaotatud. Seega on neil neljast ruumist (kahest kojast ja kahest vatsakesest) koosnev süda, mille vasem pool sisaldab arteerset, parem venoosset verd. Paremast vatsakesest suundub kopsutuiksoone kaudu kopsudesse venoosne veri. Kopsudest siirdub arteerne veri kopsutõmbsoonte kaudu vasemasse kotta (joon. 140).

Vereringet kopsude ja südame vahel kutsutakse väike- e. kopsuringeks. Vasemast vatsakesest surutakse arteerne veri aordi e. suur-tuiksoone kaudu keha kapillaaridesse, kust see veenide kaudu tagasi valgub paremasse kotta. Vereringe südame ja keha vahel moodustab suur- e. keharinge. Vastavalt kopsude puudumisele pole kalade veresoonestik eristunud suur- ja väikeringeks. Erandiks on kopskalad, kel ujupõied (või ujupõis) võivad talitella kopsudena.

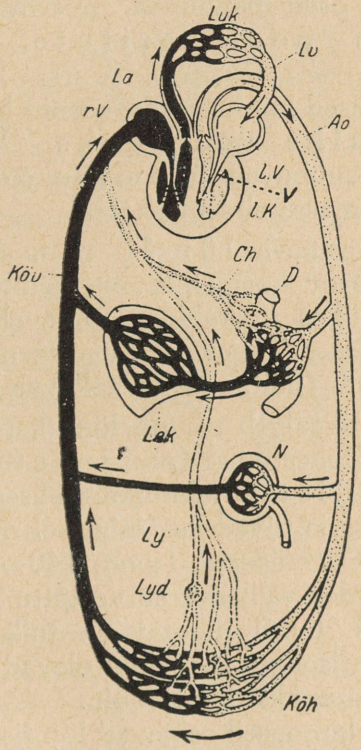
Vere liikumissuuna määravad vatsakese poole avanevad kojavatsakese sulud (joon. 140, V).

Kaladel suundub südame vatsakesest neelu- e. lõpuspiirkonna alla kõhtmine e. ülenev aort, millest lõpusarteerid juhivad venoosse vere lõpustesse. Lõpustes arteerseks muutunud veri siirdub siit lõpusveenide kaudu paremasse ja vasemasse aordijuurde, mis saba suunas ühinevad selgmiseks e. alanevaks aordiks. Aordijuurtest varustatakse arteerse verega pead, selgmisest aordist aga muud keha (joon. 123, 139).

Kaladel koguneb venoosne veri eesmiste ja tagumiste kardinaalveenide kaudu südamepiir-

konnas olevasse ristipidisesse paremasse ja vasakusse Cuvier' juhasse, mis ühinedes moodustavad südamekotta suubuva venoosse siinuse e. tõmbsoonte urke (joon. 139).

Kõigil selgroogseil valgub toitainerikas venoosne veri seedekulglast maksa, kus osa toitainest talletatakse (näit. viinamarjasuhkur glükogeeni e. loomalise tärklisena). Maksa läbivat venoosset jõhvsoonestut kutsutakse maksavärati-süsteemiks. Maksast suundub



Joon. 140. Imetaja vereringe skeem. Arteerne veri on märgitud hõredalt mustatäpisena, venoosne mustana, lümf (koemahl) valgena, piimandmahl (küülus) tihedalt mustatäpisena; Ao — aort e. suur tuiksoon; Ch — piimandi-(mahla-)sooned; D — sool; Köv — alam õõnes tõmbsoon; La — kopsutuiksoon; Lek — maksakapillaaride e. maksavärati-süsteem; Luk — kopsukapillaarid; Lv — kopsutõmbsoon; Ly — lümfisooned; Lyd — lümfinääre; l. K — vasem südamevatsake; N — neer; l. V — vasem südamekoda; r. V — parem südamekoda; V — kojavatsakese sulg.

veri mitme või ühe maksaveeni kaudu venoossesse siinusesse (kaladel) või alamasse õõnsasse tõmbsoonde (neljajalgseil). Viimane suubub paremasse kotta, toimetades siia suurema osa kesk- ja tagakeha venoossest verest (joon. 140).

Alamail selgroogseil hargnevad tagumised kardinaalsed veenid neerudes kapillaarideks, moodustades nn. neerude väративeeni süsteemi (joon. 139).

Kuna roomajail ja lindudel tagumiste kardinaalsete veenide eesmised osad manduvad, püsivad nad imetajail paaritute ja poolpaaritute tõmbsoontena.

Kalade eesmised kardinaalsed veenid kujunevad neljajalgseil nimetuiks veenideks. Viimaste ühinenud põhimikosad suubuvad ülemise õõnes-tõmbsoonena paremasse südamekotta.

Selgroogseil esineva lümfi- e. mahlasoonestiku ülesandeks on koemahla, mis seitib verekapillaaridest kudedesse, ühes koerakkude ainevahetuse jääkidega verre tagasi juhtida. Teiseks lümfisüsteemi talitluseks on vastavate vereosiste (näit. vere valgeliblede) soetamine.

Lümfisoonestik algab peente lümfikapillaaridena koerakkudevahelisest lõhestikust (nn. intertsellulaarsest labürindist e. rakkudevahelisest keerustikust) ja suubub soonteks ja tüvedeks [inimesel rinna- (mahla-)juha], koondudes veenidesse (joon. 140). Lümf kulgeb lümfisoontes kudedes valitseva surve tõttu. Alamail selgroogseil talitlevad lümfi liigutajaina tuikavad lümfisüdamed. Lümfisoonte siseseinul olevad sulud tingivad pidevat samasuunalist lümfivoolu.

Kõrgemail selgroogseil esinevad lümfisoontega ühestatud lümfinäärmed. Need koosnevad retikulaarsest (võrgulisest) sidekoest ja soetavad lümfotsüüte e. mahlakehakesi, millest arenevad vere valgelibled.

Ringeelundkonnaga tihedas ühenduses on selgroogseil esinev põrn (*lien* e. *splen*). Ehituselt ja osalt ka talitluselt meenutab põrn lümfinääret. Põrn aitab tekitada vere

valgeliblesid ja vist ka punaliblesid ning on paigaks, kus hävivad oma ülesande sooritanud punalibled.

Erituselundkonna (*organa excretionis*) ülesandeks on eemaldada kehast üleliigset vett ühes selles lahustunud lämmastikku sisaldavate ainevahetuse-jääkidega. Need jäägid tekivad osalt sissevõetud toidust, osalt ainevahetusel lõhustuvast protoplasmast.

Ainult harukorril on peamiseks eritusaineks lämmastikuvabad ained (näit. palderjani- ja muud rasvahapped solkmeil ja imiussilisil).

Ülearuse vee väljaheitmise kaudu hoolitseb erituselundkond selle eest, et kehas esinevate vedelike (kehaõõnise vedeliku, vere, lümfi) osmootne rõhk, s. o. suhe vee, soolade ja protoplasmakolloidide vahel püsiks oma normaalsel tasemel.

Eritluselundite töö põhineb osalt anelektiivsel filtratsioonil e. mittevalival kurnamisel, osalt selektiivsel sekretsioonil e. valival nõristamisel.

Anelektiivne filtratsioon e. mittevaliv kurnamine toimub füüsikas maksvate filtratsiooni (kurnamise) ja osmootilise difusiooni (seitimise) seaduste alusel. Selektiivse sekretsiooni e. valiva nõristamise puhul aga talitlevad erituselundid näivalt vastuolus osmoosi- ja difusiooniseadustega valivalt, selektiivselt. Siin võtavad erituselundid kehaõõnise vedelikust, verest või koemahlast vajalikke aineid ja eritavad neid välja kehast kas samal kujul või ümbertöötatult. Viimasel juhul töötavad erituselundid kui näärmerakud.

Selektiivse sekretsiooni puhul toimub lahustatud ainete rännak erituselundeis vastupidiselt lahuste kontsentratsiooni (keskenduse) languse suunale. Selektiivne sekretsioon seletub osalt rakkude protoplasma kolloidsüsteemides toimuvate tursumis- ja ahendumistoimetega, samuti ka nn. adsorptsiooniga e. külgeimendumisega (s. o. ühe aine kinnistumisega teise aine pinnale).

Algloomil toimub eritus kehapinna ja pulssivate vaku-

oolide kaudu (joon. 6 ja 16). Kehapinna kaudu toimub eritus eeskätt neil vormidel, kes elavad keskkonnas, mille osmootne rõhk võrdub ligikaudu nende eneste kehas valitseva osmootse rõhuga, nagu meres elutsevail ja parasiitseil algloomil.

Magevee-algloomade kehas valitseb üldiselt suurem osmootne rõhk kui vees. See rõhk on seda suurem, mida enam esineb rakus kristalloidseid, väikeste molekulidega aineid, milliseina tavaliselt esinevadki ekskreedid e. eritised. Neis tsütoplasma-piirkonnis, kus kuhjub eriti rohkesti eritisi, tekivad rakku imbuvast veest vakuoolid (kublikud). Tõuseb osmootne rõhk kublikus vastavale kõrgusele, tühjendub ta kehapinnale. Seega on pulssiv vakuool algloomile samaaegselt niihästi eritusorganelliks kui ka osmootse rõhu reguleerijaks.

Hulkrakseil tehakse vahet intratsellulaarse e. rakusisese ja ekstratsellulaarse e. rakuvälise ekskretsiooni e. erituse vahel.

Rakusisese erituse puhul eralduvad eritised rakukehasse, kuhu lühemaks või pikemaks ajaks püsima jäävad. Rakuväline eritus toimub kas kehaõõnise vedeliku, koemahla või vere kaudu, millesse satuvad erituseained rakkudest. Neist vedelikest toimetatakse eritised erituselundite talitlusel välja.

Rakusisest eritust kohtame paljudel selgrootuil (käsnadel, nõgesloomil, ussidel, limuseil, lülijalgseil, merituppedel).

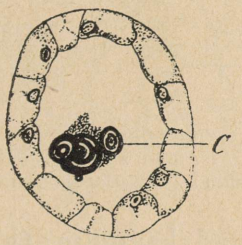
Nõgesloomil ja käsnadel võivad esineda erilised konkrement- (kokkukittumise teel tekkinud) kehakesi sisaldavad ekskretotsüüdid e. erituserakud. Paljudel ussidel talletatakse ekskreetained eriomaseisse kehaõõnist (tsöloomi) katvaisse rakkudesse, nn. kloragogeenseisse e. kollarakkudesse. Paljudel limuseil kuhjuvad erituseained südamepauna- e. perikardirakkudesse.

Rakusisese eritusega elundiks on ka nn. korjuneer, mis koosneb kas üksikuist rakkudest, rakurühmadest

või esineb rakkudest seintega kinnise põiekesena. Viimasel juhul nihkuvad ekskreetained rakkudest põiekese sisse. Korjuneeru leiame paljudel putukail, tigudel, ussidel, okasnahkseil ja merituppedel (joon. 141).

Mõnede liblikate (näit. põualibliklaste) valge ja kollane tiivavärvus oleneb tiivasoomuseis sisalduvaist kusehappe-sadestusist. Ka putukate ja selgroogsete nahas esinevale mustale pigmendile võib vaadata kui ekskreetainele, mis on tekkinud valkainete lõhustumisel.

Paljudel kaladel, kahepaikseil ja roomajail leiame naha-, südamepauna- ja kõhukelme-rakkudes eriomast eritist, nn. guaniini. Guaniin põhjustab antud elundite hõbeläiget ja kaitseb neid valguse eest.



Joon. 141. Meritupe *Ascidia mentula* korjuneer (e. neerupõieke). C — kusekonkrement e. eritiste kokkukittumise teel tekkinud kehake.

Rakusisese erituse puhul etendavad tähtsat osa rändrakud. Nad võtavad lagunevailt, eritisi sisaldavailt rakkudelt (ekskretotsüütidelt, kloragogeenrakkudelt jne.) eritiskehakesi ja toimetavad need kas seedekulgla või naha kaudu looma kehast välja.

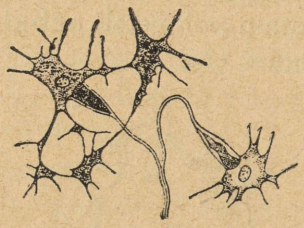
Mõnedel loomadel on rändrakkude poolt kehast väljakantavate eritiste väljaheitmiseks asjaomased paigad (näit. ekskretsiooniurbed mõnede meduuside kummikuservas, meripurade kopsud jne.).

Rakuväline eritus iseloomustab enamikku hulkrakseist. Käsnadel, nõges- ja kammloomil eritatakse lämmastikku sisaldavad ained ento- ja ektodermirakkude kaudu vahetult vette. Enamikul teistest hulkrakseist loomist toimetavad rakuvälist eritust erilised torujad või kot-

jad erituselundid. Viimased võib liigitada kaheks rühmaks: nefriididekseks e. toruneerudeks ja Malpighi soonteks. Nefriidid moodustavad üldisema erituselundi-tüübi, kuna Malpighi sooni omavad ainult hulkjalgsed ja putukad. Malpighi soonte laadi elundeid leiame ka ämblikulisil ja mõnel vähjal.

Nefriidid e. toruneerud esinevad kahel kujul — proto- ja metanefriididena.

Protonefriidid e. umbtoruneerud iseloomustavad enamikku lameussidest ja rõngusside vastseid.



Joon. 142. Paelussi (*Phyllobothrium*) protonefriidi e. umbtoruneeru lõpp- e. terminaalrakud (e. solenotsüüdid e. torurakud e. ripsleegi-rakud).

Protonefriidid esinevad käärulise (lookleva) liht või harulise ainukihilisest epiteelist torupaarina. Välja avanevad nad kas ühiselt või eraldi ühe või mitme urbega. Harva on torupaare rohkem kui üks, või torupaar on vähemas või pikemas ulatuses paarituks toruks (üldtüveks) ühte liitunud (joon. 115, c ja 65).

Nii lihid kui ka harulised protonefriidid algavad kehas umbselt eriliste lõpp- e. terminaalrakkude varal. Et osa igast lõpprakust on seest õõnes, torujas, kannavad nad ka solenotsüütide e. torurakkude nime. Lõppraku tuumaga varustatud harulisest umbsest osast väljub raku õõnsasse ossa viburi- e. ripsleegi nime kandev viburitekimp. Sellest siis ka lõpprakkude nimetus — ripsleegi-rakud (joon. 142).

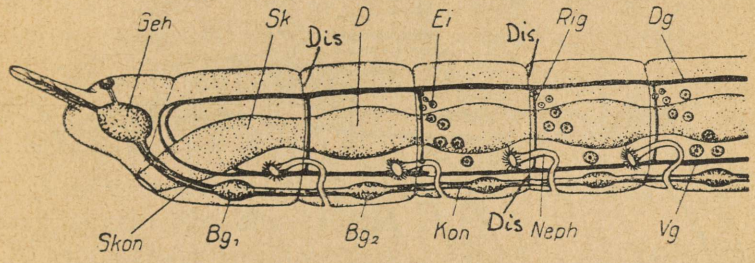
Viburi- e. ripsleegi ülesandeks on oma löökidega liikvele ajada protonefriidides sisalduvat vedelikku.

Ühtedel lameussidest (rips-, imi- ja paelussilisil) am-

mendavad protonefriidide lõpprakud eritusvedelikku kehaõõnist täitvast tülbkoest e. parenhüümist, teistel (näit. keriloomil) esmasest kehaõõnisest. Kärssussidel liibuvad nad vastu veresooni.

Ümmarusside erituselundeid ei saa pidada ei nefriidideks ega Malpighi soonteks. Nad esinevad siin kahe suure ainurakse näärmena, mis asetsevad keha küljenahas (nn. küljejoones) ja suubuvad välja keha eesosa kõhupoolel ühise avana (joon. 66, 116, Exk).

Metanefriidid e. avatoruneerud on ainukihilisest virveepiteelist käärulised paaristorukesed, mis algavad teisesest kehaõõnisest (tsöloomist) lehterja osaga,



Joon. 143. Rõngussi ehitus (skeem) külgvaates. Bg1 — infrafarüngeaalne ganglion e. neelualune tänk; Bg2 — teine kõhuaju tänk; D — sool; Dg — selja-(vere-)soon; Dis — dissepiment e. vahesein; Ei — munarakud; Geh — suprafarüngeaalne ganglion e. neeluüline tänk e. peaaju (*archicerebrum* e. ürgaju); Kon — konnektiiv e. pikinide; Neph — metanefriid e. avatoruneer; Rig — ring-(vere-)soon; Sk — neel; Skon — neelukonnektiiv; Vg — kõhu-(vere-)soon.

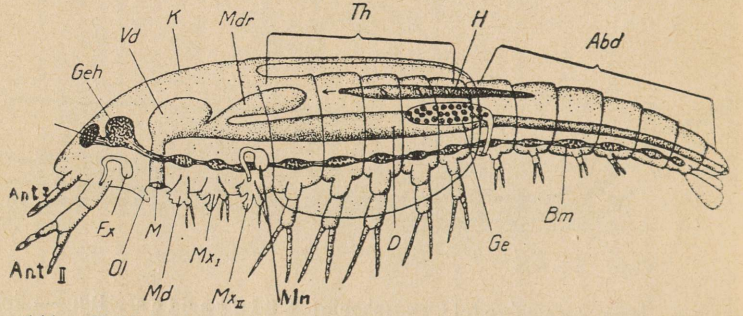
nn. nefrostoomiga e. toruneerulehtriga ja avanevad välja kehapinnale (joon. 143). Mõnikord moodustavad metanefriidid enne väljasuubumist põisja puhetise (näit. kaanil), mis kannab kusepõie nime. Nefrostoomi veerud on enamasti palistatud ripsmetega, mõnikord ka solenotsüütidega (torurakkudega). Üksikuil korril on lehtrisuue ummistunud, millist nähtust tuleb pidada sekundaarseks, s. o. hiljem tekkinuks.

Metanefriidid ammendavad kehaõõnisest lehtrite varal vedelikku ning muudavad selle oma rakkude imendaval ja nõristaval talitlusel kuseks e. uriiniks.

Kõige tüübilisemal kujul esinevad metanefriidid rõngussidel. Et neid on tavaliselt ussi igas kehalülis (metameeris e. rivisarnikus) üks paar, kannavad nad ka segmentaal- (e. lüli-)elundite nime. Sageli talitlevad metanefriidid rõngussidel sugujuhadena, s. o. elunditena, mille kaudu sugurakud kehast välja pääsevad (joon. 143, Ei).

Lülijalgseil asendab nefrostoomi näärmeline kotike, nn. lõppkotike. Lõppkotikest tuleb pidada teisese kehaõõnise e. tsöloomi jäänukiks.

Küüsikloomil omab iga kehalüli, nagu rõngussidel, ühte nefriidipaari.



Joon. 144. Vähja ehitus külgvaates (skeem). Abd — tagakeha; Ant I ja Ant II — esimene ja teine antenn e. tundel; Au — silm; Bm — kõhuaju; D — sool; Ex — antenni- e. tundlanääre; Ge — gonaad e. sugunääre; Geh — peaaju- e. suprafarüngeaalne ganglion e. neeluüline tänk; H — süda; K — pea; Md — mandiibel e. ülalõug; Mdr — kesksoolenääre (maks); Mn — maksillaar- (e. alalõua-) e. kooriku-(karbi-)nääre; Mx I, Mx II — esimene ja teine maksill e. alalõug; Ol — ülahuul; Th — rindmik (*thorax*); Vd — eessool.

Vähkidel on nefriidipaaride arv kahanenud kaheni. Esimene neist, nn. antenni- e. tundlanääre avaneb teise antennipaari põhimikosal. Teine nefriidipaar on seotud 2-se alalõuasegmendiga ning kannab maksillaar- (e. alalõua-)näärme e. kooriku-(karbi-)näärme nime. Mõlemad näärmepaarid võivad esineda ainult vastseil. Täisealisil püsib tavaliselt üks paar (joon. 144).

Odasabal (*Limulus*) ja ämblikulaadseil esineb samuti üksainus nefriidipaar. See asetseb pearindmiku piirkonnas

ning kannab koksaal- e. puusalülinäärme nime.

Hulkjalgseil ja putukail puuduvad nefriidid. Neid asendavad talitluselt lõppsoolde avanevad mõikjad arendid, nn. Malpighi sooned e. Malpighi mõigud e. neerumõigud (joon. 117).

Malpighi soonte laadi, kuid kesksoolde suubuvaid elundeid leiame ka ämblikulaadseil ja mõnel vähjal.

Limuseil on nefriide üks paar, millest sageli püsib üksainus paarnik. Limuste nefriidid on mahukad, kotjad, kurrulised elundid ning on nefrostoomile vastava osa, reno-perikardiaal- e. neeru-südamepauna-ühendi varal ühestuses südamepauna-õõnega (s. o. tsöloomi e. teisese kehaõõnisega) (joon. 107, Neph).

Okasnahkseil puuduvad nefriidid. Erituselunditena talitleb siin osa tsöloomi- (teisese kehaõõnise)rakke, samuti ka rändrakke.

On võimalik, et meripurade veekops peale hingamistoime ka erituselundina talitleb.

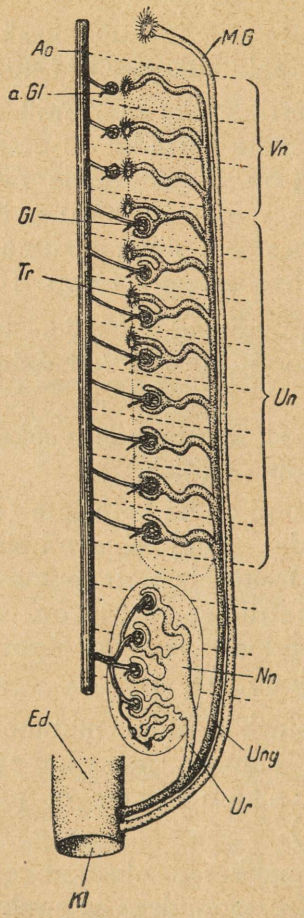
Metanefriidi tüüpi on ka koljutute (süstikkala) ja selgroogsete erituselundid. Nad esinevad siin (nagu rõngussidel ja küüsikloomil) suurelt osalt metameersete moodustistena. Süstikkala nefriidide lehtrid on varustatud solenotsüütidega ja nefriidid ise avanevad lõpuseümbrisesse e. peribranhiaalruumi (joon. 63, n).

Selgroogseil esineb 3 tüüpi metanefriide: pronefros e. esineer e. algneer, mesonefros e. teisineer e. Wolfi keha ja metanefros e. püsi- e. järel- e. lõplik neer (joon. 145).

Pronefrose kanalikesed algavad teisesesse kehaõõnisesse avanevate nefrostoomidega ja suubuvad paremasse ja vasemasse pikisuunalisse, kloaagiga ühestuvasse primaarsesse e. esmasesse kusejuhasse. Pronefrose lehtrite naabruses asetsevad kehaõõnise seinal puhetised, millesse päsmakesena sopistuvad selgmisest aordist väljuvad veresooned. Pronefros esineb peaaegu kõi-

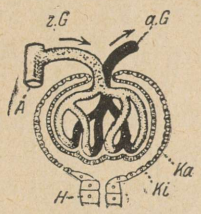
gil selgroogseil lootelise provisoorse (esialgse), väheseist nefriidipaarest koosneva elundina (joon. 145, Vn).

Nagu pronefros, nii esineb ka mesonefros kõigil selgroogseil. Ta tekib hulgast nefriidipaaridest koosneva metameerse elundina peale pronefrose teket ja selle taga



Joon. 145. Selgroogsete neerutüübid (skeem). Ao — aort; Ed — lõppsool; a. Gl — välimine päsmake; i. Gl — sisemine päsmake; Kl — kloaak; M. G — Mülleri kanal e. munajuha; Nn — metanefros e. püsi- e. järel- e. lõplik neer; Tr — mesonefrose e. Wolfi keha lehter (nefrostoom e. toruneerulehter); Un — mesonefros e. teisineer e. Wolfi keha; Ung — sekundaarne e. teisene kusejuha e. Wolfi kanal; Ur — kusejuha (*ureter*); Vn — pronefros e. esineer e. algneer.

(saba pool). Hiljem kaob metameersus kanalikeste paljunemise tõttu, tekib kompaktne veresoonerikas arend, nn. Wolfi keha e. teisineer. Mesonefrost moodustavad kanalikesed e. nefriidid on lootel tavaliselt varustatud nefrostoomidega, mis aga hiljem harilikult kaovad. Mesonefrose nefriidid omavad põisjaid, kahekordseks kihnuks (nn. Bowmani kihnuks) sissesopistunud ja veresoone-päsmakesi sisaldavaid jätkeid. Viimased kannavad Malpighi kehakeste nime (joon. 146). Mesonefrose nefriidkanalikesed suubuvad esmasesse kusejuhasse, mis nüüd kannab sekundaarse e. teisese kusejuha e. Wolfi kanali nime (joon. 145, Un, Ung).



Joon. 146. Metanefrose (püsi-, järel- e. lõppneeru) Malpighi kehake. A — arteer; z. G — päsmakese toomasoon; a. G — päsmakese viimasoon; H — neerukanalikese kaelaosa; Ka ja Ki — Bowmani kihnu (kapsli) välis- ja sisesein.

Kaladel ja kahepaikseil talitleb mesonefros erituselundina, ehkki isaloomil selle eesosa, samuti ka Wolfi kanal rakendatakse seemneniitide väljajuhtimise töösse.

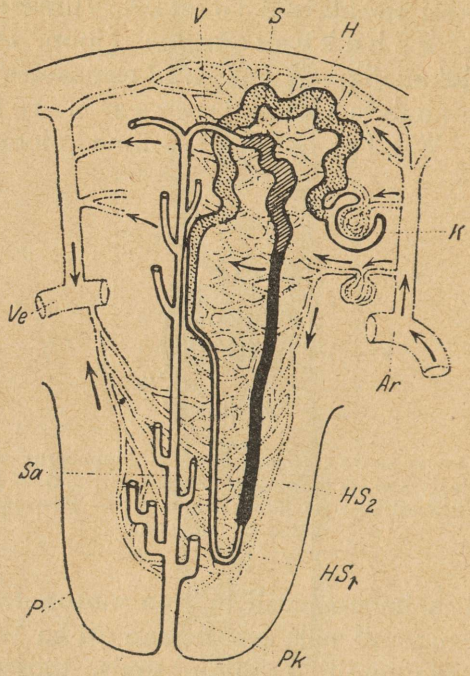
Roomajail, lindudel ja imetajail püsib isaloomil ainult seemet juhtiv osa mesonefrose kanalikesist ühes Wolfi kanaliga, mis siin talitleb seemnejuhana. Muu osa mesonefrosest jädendub (rudimenteerub). Emaloomil aga jädendub kogu mesonefros.

Erituselundina aga talitleb roomajail, lindudel ja imetajail metanefros e. püsi- (lõplik) neer.

Metanefros ei ilmuta metameersust ei tekkeloos ega hiljem. Metanefrose kanalikesil (kusekanalikesil) ei tekigi nefrostoome. Nad algavad Malpighi kehakestega ja

suubuvad kusejuhasse, mis tekib väljasopistisena Wolfi kanali põhimikosast (joon. 145, Nn, Ur).

Malpighi kehakesis toimub kuse vedela osa seitimine verest kusekanalikestesse (joon. 146). Kuse lõplik väljakujunemine toimub tihedalt verekapillaaridest ümbritsetud kusekanalikestes (neerutorukestes) (joon. 147).



Joon. 147. Imetaja neerutorukese suhted veresoontega (skeem). Ar — arteer; H — neerutorukese väänisosa; HS1 — Henle silmuse õhuke osa; HS2 — Henle silmuse jäme osa; K — Bowmani kihn; P — neerunäsa; S — neerutorukese vahestis (vahetükk); Sa — kogumiskanal; V — ühendustükk; Ve — veen.

Paljudel selgroogseil esineb kusepõis kui kuse talletuspaik. Kaladel on kusepõieks kusejuha puhetis. Neljajalgseil tekib kusepõis kloaagi kõhtmise seina sopina. Mõnedel, näiteks lindudel, kaob see hiljem.

Rakuväliste eritiste koostis on mitmesuguseil loomil erinev. Tähtsamaiks neist on ammoniaakisoolad, kusehape,

guaniin, kusinik; hipuurhape, ksantiin, hüpoksantiin ja adeniin.

Ammoniaakisooli eritavad eeskätt alamad loomad. Kusehape, ehkki esineb algloomil ja ainuõõsseil, iseloomustab peamiselt kõrgemaid loomi (rõngusse, putukaid, limuseid, roomajaid, linde). Guaniin esineb rõngussidel ja vähkidel.

Kusinik iseloomustab selgroogseid, hipuurhape taimtoidulisi imetajaid.

Sigituselundkonna e. **suguaparaadi** (*organa reproductionis* e. *apparatus genitalis*) abil toimub looma s i g i m i n e, p a l j u n e m i n e e. liigielu säilitamine. On kaks paljunemisviisi: s u g u l i n e e. s e k s u a a l n e ja m i t t e s u g u l i n e e. a s e k s u a a l n e.

Sigituselundkonda vajab loom ainult süguliseks sigimiseks.

Mittesuguline sigimine toimub kas p o o l d u m i s e (loom pooldub kaheks ligikaudu võrdseks osaks), j a g u n e m i s e (loom jaguneb korraga mitmeks osaks) või p u n g u m i s e (looma välispinnal või sees tekib pung, millest võrsub uus loom) teel.

Kuna suguline sigimine esineb kõigis loomahõimkonnis, leiame mittesugulist sigimist peamiselt ainult alamail loomil (algloomil, käsnadel, nõgesloomil, ussidel, sammalloomil, mantelloomil jne.).

Hulkrakseil loomil on suguline sigimine võrreldes mittesugulisega ürgsemaks, esmasemaks sigimisvormiks.

Hulkraksete loomade sugulisel sigimisel tekivad ikka erilised, keha- e. somaatilisist rakkudest erinevad s u g u r a k u d e. g o n o t s ü ü d i d (ka germinaal- e. idurakud, reproduktiivsed e. sigimisrakud), mis annavad alguse järglasile. Sugurakud jagunevad e m a s s u g u r a k k u d e k s e. m u n a r a k k u d e k s (munadeks) ja i s a s s u g u r a k k u d e k s e. s e e m n e r a k k u d e k s (tavaliselt s e e m n e n i i t i d e k s e. spermatozoididek s).

Valminud seemnerakud paigustuvad kas seemnesarjas või muus asjaomases suguelundis (seemnepõites, seemnehoidlas) sisalduvas limajas vedelikus, moodustades

ühes sellega nn. sperma e. seemnevedeliku (seemne).

Enamikul tekivad munarakud emaloomas, seemnerakud isaloomas. Nähtust, kus loomad on suguliselt ema- ja isaloomiks eristunud, kutsutakse lahksugulisuseks e. gonohhorismiks. Ema- ja isaloom on lahksugulised e. gonohhoristid.

Algloomil toimub sigimine nagu hulkrakseilgi niihästi sugulisel kui ka mittesugulisel teel.

Sugulise sigimise järkjärgulist eristumist [isogaamiast e. samikseigumisest anisogaamiaks e. erikseigumiseks (-ühtimiseks), kus seiguvad e. kopuleeruvad makro- ja mikrogameedid, s. o. suur- ja pisiseiglased] jälgisime seltsingulisil viburloomil (lk. 99—106).

Eriliseks sugulise sigimise vormiks on ka infusooride konjugatsioon e. rakuühe.

Mittesuguline sigimine toimub kas vegetatiivsel või skisogoonia teel.

Vegetatiivsel e. taimelisel sigimisel jaguneb loom kas kaheks ühesuuruseks (pooldumine) või erisuuruseks (pungumine) osaks. Pooldumine toimub kas pikisuunas (viburloomil) või ristisuunas (ripsloomil).

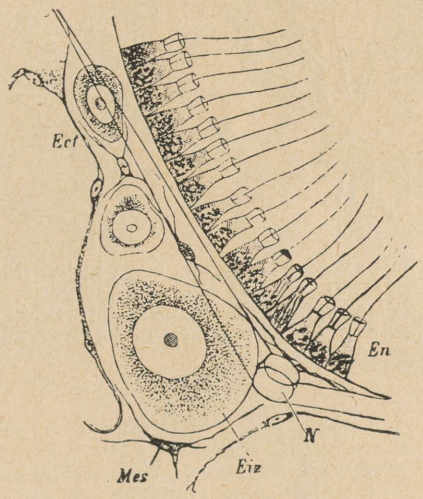
Skisogoonia e. lõhustussigimise puhul jaguneb loom korraga suuremaks või vähemaks arvuks järglasiks, nn. agameetideks e. mittesamikseiglasiks.

Algloomil puuduvad erilised sigituselundid. Ainult ripsloomade pisituum e. mikronukleus on tihedas seoses sugulise sigimisega (vt. infusooride konjugatsioon e. rakuühe), mistõttu seda nimetatakse ka propagatiivseks e. sigimistuumaks.

Käsnadel puudub eriline suguaparaat. Keha välispinda katva ja siseruume vooderdava epiteeli (lest- ja kaelus-viburepiteeli) vahel olevas vahekoes e. mesenhüümis leiame amööbjaid muna- ja niitjaid seemnerakke. Osa käsnadest on mõlema-, osa lahksugulised (joon. 148).

Seemendamine (viljastamine) toimub emaihus. Viljastatud munast areneb viburitega varustatud vastne, mis satub vahekoest kas otseteel või kanalite kaudu keskõõnde (*atrium*) ja siit heiteava (*osculum*) kaudu välja.

Kõigil muil hulkrakseil loomil tekivad sugurakud asjaomaseis elundeis, nn. g o n a a d i d e s e. s u g u n ä ä r m e i s. Emane sugunääre on o v a a r e. m u n a s a r i, isane s p e r m a a r e. s e e m n e s a r i e. t e s t i i k u l e. r a i g (imetajail, eriti inimesel m u n a n d).



Joon. 148. L õ i g e j o o n. 51 k u j u t a t u d l u b i k ä s n a k i i r t o r u l a s e (*Sycon raphanus*) v ä l i s s e i n a s t. Ect — ektoderm; En — kaelusrakud (koanotsüüdid), mis kaelusese viburepiteelina vooderdab kehaseinas olevaid radiaalkambreid e. kiirjaid viburiskambreid; Mes — mesenhüüm e. vahekude (mesoderm); N — mesenhüümis asetsev lubiokis; Eiz — munarakk.

Kujult on sugunäärmed kas lihid või harulised torukesed, kotikesed, põiekesed või munajad, sagarjad, kobarjad moodustised (joon. 149).

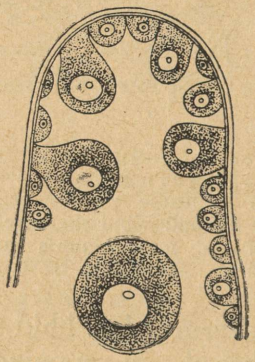
Sugunäärme olulisemaks, tegevamaks osaks on teda vooderdav või kattev s i g i t i- e. i d u e p i t e e l — g o n o t e e l e. g e r m i n a a l e p i t e e l, millest arenevadki sugurakud (joon. 150, 151, a ja 152).

Selgroogseil ümbritsevad muna munasarjas kas ühe

kihina (enamikul selgroogseist) või mitme kihina (imetajail) erilised epiteelrakud, nn. folliikuli- e. nääpsurakud. Folliikulirakud on munarakkudest vähemad ning tekivad nagu munarakudki iduepiteelist. Folliikuli-



Joon. 149. Putuka suguelundid. a — kirbu (*Pulex*) emased suguelundid; Gl — lisanääre; Ov — toru-munasarjad; Rs — seemnehoidla; V — tupp. b — vesilutika (*Nepa*) isased suguelundid; D — paiskejuha; Gl — lisanäärmed; T — seemnesarjad; Vd — seemnejuha.

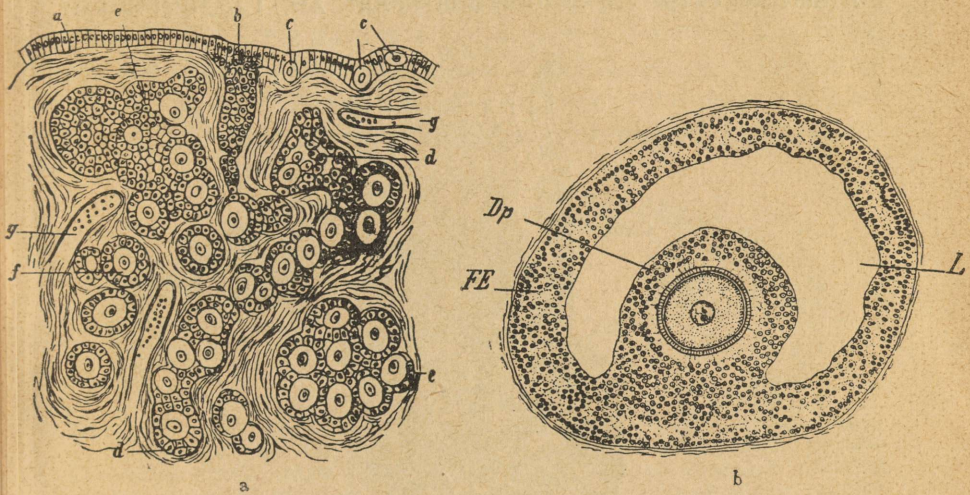


Joon. 150. Meritähe kammtähe (*Astropecten aurantiacus*) munasarja mõigu umbsopp germinaal- e. iduepiteeli ja munadega.

rakud ühes neis sisalduva munarakuga kannavad munafolliikuli e. munanääpsu nime. Imetajail tekib küpses munafolliikulis õõs, mis täitub folliikuli vedelikuga (*liquor folliculi*). Selline folliikul kannab

Graafi folliikuli nime (joon. 151). Enamikul selgroogseist nihkub valminud folliikul munasarja piirdeossa, kus lõhkedes vabastab muna. Seda toimet kutsutakse ovulatsiooniks e. munaminemiseks (munairdumiseks).

Imetajail tekib munasarjas sinna püsima jäänud lõhkenud folliikuli rakkude vabanemisel nn. kollakeha (*corpus luteum*). Kui muna seemendub ja arenema hakkab, talitleb kollakeha sisesekretsiooni- e. sisenõristusnäärmena (vt. sisenõristuselundid).



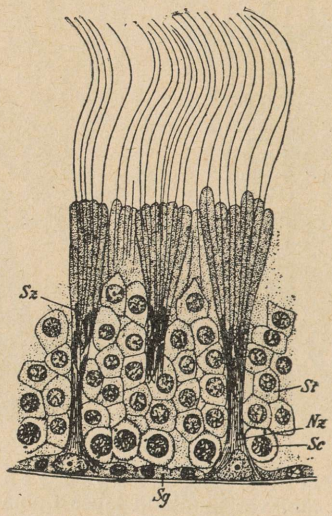
a b

Joon. 151. Munafolliikuli e. -nääpsu teke ja ehitus selgroogseil. a — lõige läbi vastsündinud lapse munasarja; b — kassi Graafi folliikul; a — germinatiivne e. iduepiteel; b — munasarja-(ovariaal-)mõigu suge (= Pflügeri mõik); c — munad iduepiteelis; d — nääpsuks muutuv munasarjamõik. Dp — muna sisaldav munakühm (*discus proligerus* e. *cumulus ooforus*), muna katab rebukest (*membrana vitellina*) ning seda ümbritsev kiirja ehitusega läbipaistev kest (*zona pellucida*); e — folliikulirakkudest ümbritsetud munadekogumik hakkab nääpsudeks eristuma; FE — folliikuliepiteel; f — eraldatud noor folliikul; g — veresoon; L — nääpsu vedelik.

Seemneniidid (seemnerakud) tekivad selgroogseil kas seemnesarjade põisjais seemnefolliikulites e. -nääpsudes (e. seemneampullides e. -kupaldes) või kanalikeste laadi seemnetorukesis (*tubuli seminiferi*).

Seemnerakud tekivad seemnetorukeste seinu moodustavaist algseemnerakkudest e. spermatogoonidest. Peale algseemnerakkude leiame seemnetorukeste seintes nn. alus- e. põhimik- e. jalgrakke (e. Sertoli rakke). Alusrakud on arenevaile seemnerakkudele toeks ja toitjaks (joon. 152).

Nõgesloomil paigustuvad sugunäärmed radiaalses korrastuses ekto- või entodermis (joon. 24, 153). Hüdra-



Joon. 152. Roti seemnetorukese seina ristilõige; Sg — algseemnerakk e. spermatogoon; Sc — seemne-emarakk e. spermatotsüüt; St — eel-seemnerakk e. spermatiid; Sz — seemneniidid e. spermatozoidid ühenduses jalg- e. toiterakkudega.

laadseil kujunevad nad ektodermist, karik- ja õisloomil entodermist. Kammloomil asetsevad sugurakud gastrovaskulaarset (sooleringe) õõnt moodustavate rõõnealuste kanalite naabruses. Pole kindel, kas nad tekivad ento- või mesodermist.

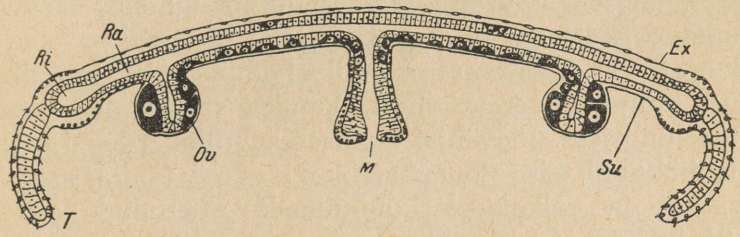
Nagu käsnadel, nii puuduvad ka nõges- ja kammloomil sugurakkude väljatoimetamiseks erilised arendid. Sugurakud vabanevad ümbritseva epiteeli purunedes vette kas vahetult või gastrovaskulaarse süsteemi kaudu.

Kõigil teistel hulkrakseil loomil, s. o. kehaõõsseil e. lahkõõsseil (*Coelomata*), paigustuvad sugurakud mesoder-

mis ja osutuvad teisest (sekundaarset) kehaõõnist vooderdavaiks rakkudeks.

Lameusside (s. o. rips-, imi- ja paelussiliste), samuti ka kärss- ja ümmarusside sugunäärmed on homoloogsed (samandilised) rõngusside tsöloomile e. teisesele kehaõõnisele.

Enamikul kehaõõsseist (lahusõõsseist) loomist on sugurakkude või munast arenenud loote väljajuhtimiseks kehast sugujuhad e. gonoduktid. Emased sugujuhad kannavad munajuhade e. oviduktide, isased seemnejuhade e. spermoduktide (ka: *vasa deferentia*) nime. Harukorril (näit. viina-



Joon. 153. Radiaalne lõige kurdmeduusilisest *Obelia geniculata*). Kõlguti (*manubrium*) ja radiaalkanalite subumbrellaarse e. kummikualuse ektodermi rakkudest tekkinud ovotsüüdid e. eelmunarakud (joonisel mustad) rändavad siit munasarjadesse (Ov). Ex — eksumbrella e. kummikuvälis; M — suu; Ra — radiaalkanal; Ri — ringkanal; Su — subumbrella e. kummikualus; T — tentaakel e. kombits.

mäetigul) esineb hermafrodiitne sugujuha, mida kasutavad niihästi muna- kui ka seemnerakud.

Ühtedel on sugunääre pidevas ühenduses sugujuhaga (näit. ümmarussidel), teistel satuvad sugurakud sugunäärmest kehaõõnisesse ja siit sugujuhade kaudu välja (näit. vihmussil).

Emaste ümmarusside sigituselundid esinevad kahe pika toruja munasarjana (ovaarina), millest kumbki siirdub laiemaks toruks — emakaks (*uterus*). Emakad ühinevad kehapinnale avanevaks paarita tupeks (*vagina*). Isaste ümmarusside suguaparaat koosneb pikast looklevast, märkamatult seemnejuhaks (*vas deferens*) siirduvast seemnesarjast (spermaarist).

Seemnejuha suubub ühes soole ja erituselunditega seedekulgla lõppossa — kloaaki. Kloaagi seljapoolse seina sopis asetsevad kutikulaarsed harjased, nn. kürbokised, mis sugutustoimet hõlbustavad (joon. 116).

Hulkharjaselisil rõngussidel võivad olla sugujuhadeks metanefriidid e. avatoruneerud (segmentaalelundid) (joon. 143).

Paljudel lõpeb seemnejuha lihaserikka osaga, nn. paiskejuhaga (*ductus ejaculatorius*), mis võib jätkena kehapinnale ulatudes moodustada väädiksuguti (*cirrus*) (näit. lameussidel, kaanidel) e. suguti (*penis*) (näit. imetajail).

Peajalgseil limuseil võivad sugutina talitella vastavalt muudetud haarmed, nn. sugutihaarmed e. hektokotüülid. Mõnel vormil eraldub hektokotüül sugutuse puhul isalooma kehast, kandes seemne emalooma sigituselundeisse. Jõevähjal tegutseb sugutina 14.—15. jalapaar, ämblikul teise lõuapaari kobijad (*palpi maxillares*), hai- ja raikaladel kõhuuimede eristunud osad — kürbjalad (*gonopodia* e. *myxopterygia*).

Sigimisaeg. Ühed loomadest (näit. enamik putukaist) sigivad üksainus kord elus, teised korduvalt (näit. selgroogsed).

Korduvalt sigivail loomil toimub sigimine kas perioodiliselt või aperioodiliselt.

Perioodiline sigimine kordub aastaaegadega seotud kindlate ajavahemike takka. Ajavahemikud kahe sigimisperioodi vahel on ühtedel pikemad (näit. vähjal homaaril 2 aastat), teistel lühemad (näit. üks või enam korda aastas).

Aperioodiliselt sigivad loomad võivad sigida ükskõik millal.

Sigimisperioode kutsutakse inna- e. östruseperioodideks ja neis viibivaid loomi indlevaiks loomiks. Innaaja välde on eri liikidel erinev — mõnest päevast mõne nädalani.

Innaperioodil on loomad suguliselt erutatud. Erutust põhjustavad propriotseptiivsed e. omaalga-

tuslikud ärritused, mida esile kutsuvad eriomased ained (ärritinõred), mis sugurakkude küpsemisel suguelundeist verre satuvad.

Loomi, kes indlevad ainult üks kord aastas, nimetatakse monöstrilisiks e. ainuindlevaiks, vastandina polüöstrilisile e. korduvindlevaile, kel on aastas mitu innaperioodi.

Paljudel loomadel muutuvad innaajal teravamaks vahed, mis eraldavad isaloomi emaloomadest (vt. seksuaalne dimorfism e. suguline kahekujulisus). Ühtedel (näit. paljudel lindudel, mõnel roomajal, kahepaiksel, kalal jne.) omandavad isaloomad innaajaks silmapaistvama värvuse („pulmarüü") ja kõlavamad häälitsused. Teistel tekivad innaperioodiks asjaomased sugutamist hõlbustavad elundid (näit. isakonnadel eesjäsemeil karedad mõhnad — innaviigid). Paljud eritavad sigituselundeist lima ja levitavad isepärast lõhna.

Eriti iseloomustab innaperioodi sugunäärmete tõhusam talitlus. Paljudel muutuvad seemnesarjad innaajal tavalisest suuremaks.

Emaseil imetajail toimuvad seoses ovulatsiooniga (munaminekuga) suured muutused emaka limaskestaga ja paljudel ka tupega. Emaka limaskest kasvab paksemaks, muutub vererikkamaks, ta näärmete tegevus kujuneb tõhusamaks ja mõnedel laguneb osaliselt ta väliskiht. Kõik see valmistab soodsat pinda muna vastuvõtuks ja loote arenemiseks. Kui ei toimu muna viljastamist ega arenemist, siis omandab emaka limaskest jälle tavalise ilme kuni järgneva innaperioodini.

Ühtedel imetajaist asetsevad munandid e. seemnesarjad püsikestvalt kõhuõõne kubemepiirkonna väljasopistises — kukutis (*scrotum*). Teistel tekivad kukutid ja laskuvad sinna munandid ainult innaajaks.

Peale kehaliste toimuvad paljude kõrgemate loomadega innaperioodil ka hingeelulised muutused. Loomad, eriti isaloomad, muutuvad elavamaks. Tekib tung

häälitseda, ilmub mänglemiskihk ja isaloomadel tarvidus teiste isaloomadega võistelda.

Viljastamine e. seemendamine ja sugutamine e. suguühe. Peale partenogeneetiliselt e. neitsisigilikult arenevate hulkraksete loomade (üksikute lameloomade ja ümmarusside, paljude keriloomade ja lülijalgsete) vajavad kõikide teiste hulkraksete loomade munad viljastamist e. seemendamist.

Viljastamine seisneb seemneraku liitumises munarakuga üheks rakuks, nn. esirakuks.

Hulkrakseil võib viljastamine olla kas sisemine või välimine. Välimist viljastamist kohtame eeskätt veeloomil (näit. nõgesloomil, kaladel). Siin heidetakse munad ja seemnerakud (seeme) samaaegselt vette, kus toimubki nende liitumine. Sageli kogunevad veeloomad (näit. paljud vabalt uitlevad rõngussid ja luukalad) sigimiseks, s. o. koe ja seemne heitmiseks suurte parvedena asjaomasesse paika — koelmule.

Sisemisel viljastamisel juhitakse seemnerakud munarakke tootva sugupoole kehasse, kus toimubki seemendamine. Sisemine viljastamine (e. seemendamine) eeldab sugutamist e. sugutust (*copula*).

Sugutamine on sugukihu (*libido*) ajel toimuv kahe looma suguline ühinemine. Lahksugulisil on üks neist ema-, teine isaloom. Mõlemasoolisil (hermafrodiitseil) loomil (näit. kaanil) pole sugutuvate loomade vahel sugulist vahet. Harukorril (näit. paelussil) sugutab loom ennast ise. Endasugutamine on võimalik ainult mõlemasugulisil loomil.

Ühtedel toimub sisemine viljastamine varsti peale sugutamist. Teistel võib seeme püsida viljastamisvõimelisena pikemat aega emaloома kehas (näit. mesilasemal).

Hulkraksete viljastamisele vastab algloomade kopulatsioon (seigumine), sugutamisele — konjugatsioon (rakuühe).

Mõnedel loomadel, kel puuduvad erilised sugutamiselundid (näit. salamandril), toimub sugutamine sel teel, et mõlemad loomad oma sugupilud üksteise vastu suruvad,

kusjuures seeme ühe looma suguelundeist valgub teise omadesse. Vesilikel (kahepaikseist) heidab isaloom seemnerakkudest koosneva seemnepakendi, nn. spermatofoori e. seemnesõba vette, kust emaloom selle oma kloaaki imeb. Kloaagist surutakse seemnesõba erilistesse kloaagi seina soppidesse, nn. seemnepanilaisse e. spermatoteekidesse. Kui munad sugujuhadest kloaaki jõuavad, viljastab neid seemnesõbast väljuv seeme.

Välimise viljastamise puhul võib esineda ka välimine sugutamine. Näiteks on konn, kel isaloom emaloomast kinni hoides selle kloaagist väljuvad munad seemnevedelikuga üle kallab.

Sisemisel seemendamisel areneb muna looteks tavaliselt emakas.

Loote toitumis-, hingamis- ja eritustoimeiks tekib loote ja emaka siseseina vahel tihe side, nn. emakook e. platsenta. Ehkki platsenta esineb ka mõnel selgrootul (näit. küüsiklasel — *Peripatus*'el), iseloomustab ta eeskätt selgroogseid, eriti kõrgemaid imetajaid.

Emakoogiga varustatud vormid toovad ilmale elusaid poegi — nad on poegivad e. vivipaarsed vastandina munevaile e. ovipaarseile. On ka selliseid loomi (näit. rästik), kel noored loomad kohe peale munemist munadest välja kooruvad. Need on munaspoegijad e. ovovivipaarid.

Järglaste arv. Antud liiki kuuluv loom soetab seda rohkem järglasi, mida suurem on seda loomaliiki ähvardav hävimisoht.

Et see oht on võrdlemisi suurem väikesil loomil, on nende sigivus üldiselt suurem kui suuremail loomil.

Ühest kingloomast (*Paramaecium*) võib 5 aasta kestel tekkida nii palju järglasi, et nende kõikide kehade protoplasmamassi ruumala ületab 10 000-kordselt maakera ruumala. Sõudiklase (*Cyclops*) aastane järglaste arv võib ulatuda 3—4 miljardini. Ühe emaslehetäilase (*Aphis*) järglaskonda moodustavate isendite aastane arv võib küündida 720 000 000-ni.

Ahven võib soetada aastas 300 000, tursk isegi 3—4 000 000 järglast. Uimeogadega varustatud cgalik, kel isaloom kaitseb pesa ja noori, omab võrdlemisi vähe mune (emakala munasarjas leidub ligi 500 muna). Samuti soetab võrdlemisi vähe mune haikala, kel muna kaitseb tihe sarvkest.

Vastandina suurile röövu-, uju- ja karklindudele, kes tavaliselt pesitsevad ainult kord aastas, võivad paljud väikesed abitud laululinnud aastas toota rohkem kui ühe pesakonna.

Põldhiire- (*Microtus arvalis*) paar võib toota aastas üle 7000 järglase. Kuna põldhiir kujuneb suguküpseks juba 90-ndal elupäeval, muutuvad suured röövu- ja kabiloomad sigimisvõimeliseks hoopis hilisemas eas. Lõvi näiteks hakkab sigima alles 6—7-aastaselt, tuues korraga ilmale 2—3 poega, elevant 16-aastaselt, sünnitades korraga ainult ühe poja.

Et parasiitsed loomad vajavad arenemiseks erilisi, mitte kõikjal leiduvaid olelustingimusi, on nende liigielu võrdlemisi enam ohustatud kui teistel loomadel. Vastukaaluks sellele on parasiidid väga viljakad. Nook-paeluss (*Taenia solium*) näiteks soetab aastas ligi 42 000 000, solge ligi 64 000 000 muna.

Hermafroditism. Vähemikul loomist arenevad muna- ja seemnerakud samas isendis. Sellist nähtust nimetatakse hermafroditismiks e. mõlemasugulisuseks e. sugukaksikuseks ja hermafrodiitset looma hermafrodiidiks e. mõlemasuguliseks e. sugukaksiklaseks.

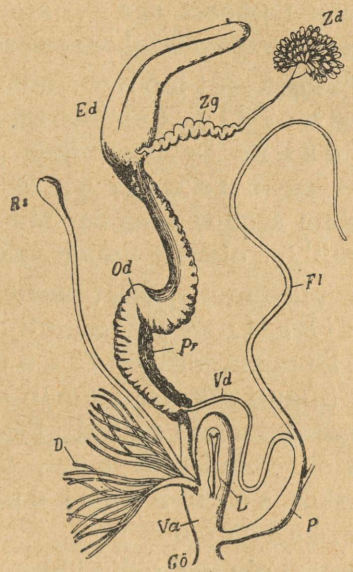
Emase ja isase suguaparaadi osade ühinemisastme alusel leiame loomil esinevat kolm hermafroditismi-tüüpi:

1) loomal on hermafrodiitne sugunääre, mis soetab niihästi muna- kui ka seemnerakke. Samuti on neil hermafrodiitne, s. o. ühine ka sugujuha, mille kaudu pääsevad välja nii munad kui ka seeme (näit. tigudel);

2) esineb niihästi muna- kui ka seemnesari, kumbki oma eraldi juhaga, kuid mis suubuvad välja ü h i s e avana (näit. nudipea-paelussil);

3) on kaks täiesti iseseisvat suguaparaati — emane ja isane (näit. apteegikaanil).

Tigude hermafrodiitses sugu-(sigiti-)näärmes arenevad munarakkude kõrval ka seemnerakud ja lahkuvad sellest



Joon. 154. V ö ö t t i g u l a s e (viinamäetigu *Helix pomatia*) s u g u a p a r a a t. D — sõrmjas nääre; Ed — valgunääre; Fl — piuglisand e. flagèll; Gö — ühine suguava (-pilu); L — armunoole tupp armunoolega; Od — munajuhana talitlev hermafrodiitse sugujuha pool; P — suguti (kürb, peenis) sissesopistunud seisundis; Pr — seemnejuhana talitlev hermafrodiitse sugujuha pool. Rs — seemnehoidla; Va — tupp; Vd — seemnejuha; Zd — hermafrodiitne e. mõlemasuguline (sugukaksik) sugunääre; Zg — hermafrodiitne sugujuha.

ühise hermafrodiitse sugujuha kaudu. Kuid kopstigudel on ühine sugujuha osaliselt juba iseseisvaks emaseks ja isaseks osaks eristunud.

Vaatame lähemalt kopstiguliste hulka kuuluva vööttigulase — v i i n a m ä e t i g u (*Helix pomatia*) hermafrodiitset sigituselundkonda. Kobarjas h e r m a f r o -

diitne sugunääre siirdub hermafrodiitseks sugujuhaks. Keskmine osa sugujuhast on pikisuunalise kurru varal ebatäieliselt jaotatud kaheks pooleks, millest laiem, ristipidi mõigastatud osa talitleb munajuhana, kitsam, näärmeline osa aga seemnejuhana (joon. 154).

Paigas, kus jaotamata hermafrodiitne sugujuha siirdub kurruga varustatud osaks, suubub juhasse tugev valgunääre. Sugujuha lõpposas aga on emane sugujuha — munajuha — isasest — seemnejuhast täiesti lahus.

Munajuha lõppossa — tuppe suubuvad pika varrega põisjas seemnehoidla (*receptaculum seminis*), eriline sõrmjas nääre ja lihaserikas armunoole-tupp lubisoolast armunoolega. Seemnehoidla ülesandeks on suguühtel saadud seemne talletus. Armunoole talitluseks on suguühtes olevate tigude vastastikune ärritus.

Seemnejuha, olles munajuhast peenem ja pikem, siirdub üle sugutiks (*penis*). Suguti on tagasitõmmatav seemnejuha lõppossa erilise taandur-(retraktor-)lihase varal. Suguti siseotsa suubub pikk piitsjas näärmelise iseloomuga piuglisand (*flagellum*). Piuglisandi talitluseks on valmistada ainet, mille abil seemnerakkudest vormitakse seemnepakend e. seemnesõba e. spermatofoor.

Tupp ja suguti suubuvad välja ühise avana.

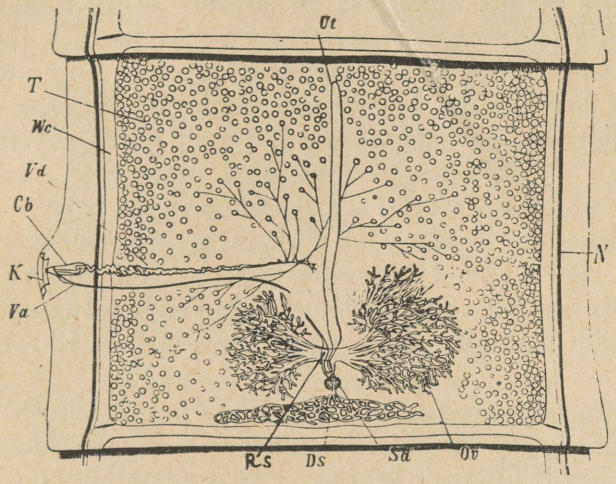
Enamik paelussilisi (*Cestodes*) on liigestatud rivisarnikuiks e. metameerideks, mis kannavad proglotiidide e. lülide nime. Iga proglotiid sisaldab omaette hermafrodiitse suguaparaadi (joon. 155).

Nudipea-paelussi (*Taenia saginata*) emane suguaparaat koosneb munasarjast (ovaarist), mille lühikesse munajuhasse (ovidukti) suubuvad rebusari (vitellaarium), munakoore-näärmete (*glandulae testae*) avad ja emakas (*uterus*). Tühjalt on emakas vilajas (sihvakas) umbselt lõppev mõik, munadega täidetult aga varustatud kahenduvalt hargnevate külgharudega. Paika munajuhas, kuhu suubuvad muna-

sari, rebusari, koorenäärmed, emakas, kutsutakse munatekitiks e. ootüübiks.

Ootüübist algab pikk peen tupp (*vagina*), mis avaneb proglotiidi paremal või vasemal küljel ühes isase sugujuhaga ühisesse suguurbesse (*vorus genitalis*). Tupel on ootüübipoolses otsas puhetis, mis talitleb seemnehoidlana.

Nudipea-paelussi isased sigituselundid koosnevad hul-



Joon. 155. Nudipea-paelussi (*Taenia saginata*) suguküps proglotiid (e. lüli); Ov — munasari e. ovaar; Ds — rebusari e. vitellaar (valgunääre); Sd — koorenäärmed; Ut — emakas; T — põisjad seemnesarjakesed; Vd — seemnejuha; Cb — väädiksuguti (tsirruse) tasku; K — suguurve; Rs — seemnehoidla; Va — tupp; Wc — protonefriid e. umbtoruneer; N — närviväät.

gast, proglotiidi kogu selgmist osa täitvaist põisjaist seemnesarjakesist, mis nagu marjad vilipöörisel asetsevad peente haruliste kanalikeste tipul. Kõik need kanalikesed suubuvad ühisesse looklevasse seemnejuhasse (*vas deferens*).

Seemnejuha välisosa siirdub lihaserikkas kukrus, nn. väädiksuguti taskus asetsevaks väädiksugutiks (*cirrus*).

Väädiksuguti tasku avaneb ühes tupega suguurbesse ja

väädik võib selle kaudu välja kehapinnale sirutuda, et oma ülesannet täita (suguühte puhul).

Apteegikaani (*Hirudo medicinalis*) emases suguaparaadis leiame kaks lühikest kotjat munasarja, millest kumbki on varustatud munajuhaga. Mõlemad munajuhad suubuvad valgunäärmest ümbritsetud ühisossa, mis siirdub kotjaks, emase suguurbega lõppevaks tupeks (joon. 156).

Isane sigituselundkond on suurelt osalt metameerne, koosnedes 9-st põisja seemnesarja paarist, mis kummalgi pool suubuvad ühisesse seemnejuhasse. Kumbki seemnejuha kulgeb pea poole ja lõpposas paisub päsmasja osaga varustatud seemnepõieks (*vesica seminalis*). Mõlemad seemnepõied siirduvad paarituks paiskejuhaks (*ductus ejaculatorius*).

Paiskejuha lõpeb väädiksuguti taskus asetsevaks väädiksugutiks (*cirrus*), mis konksja arendina võib taskust välja sopistuda. Mõlema seemnepõie ühinemispaika suubub eriline nääre, nn. eesnääre (*prostata*).

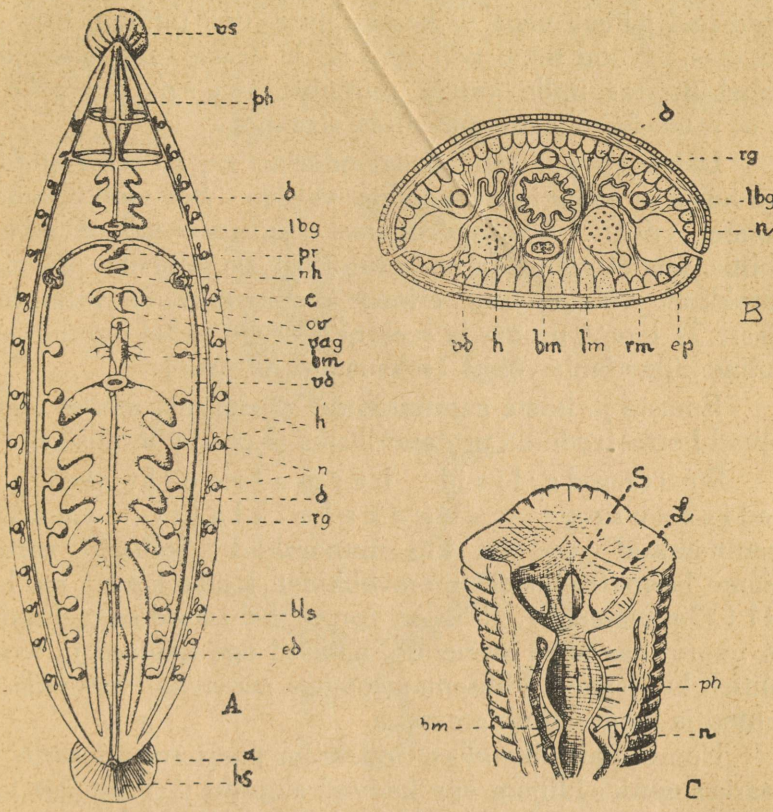
Isane suguurve on emasest lahus ja asetseb selle ees.

Seemendusviisi alusel jagunevad hermafrodiidid kahte rühma. Vähemikul leiame iseseemendust, kus looma seemnerakud viljastavad omaenda mune. Enamikul aga esineb teiseseemendus e. ristseemendus, kus ühe hermafrodiitse isendi munarakud viljastatakse teise hermafrodiitse isendi seemnerakkudest.

Iseseemendust leiame näiteks paelussilisil, kus samal isendil ühe proglotiidi (lüli) seeme viljastab teise proglotiidi mune. Paelussiliste iseseemendus seletub sellega, et nad elavad oma peremehe seedekulglas tavaliselt üksikult ja et neil järelikult puudub võimalus oma munade viljastamiseks teise isendi seemnega.

Iseseemendust on kirjeldatud ka rohukonna kusepõies elutseval mitmesuulase (imiussi) liigil *Polystomum integerrimum*'il. Munad valmivad kevadel rohukonnade paarumise ajal. Siis võib tähele panna mitmesuulase isendeid suguühtes — toimub teiseseemendus. Munad

satuvad vette, kus neist arenevad v a s t s e d. Vastsed rändavad kullese l õ p u s k o o p a s s e, kus neist kahe kuu järel arenevad noored mitmesuulased. Viimased rändavad



Joon. 156. A p t e e g i k a a n i (*Hirudo medicinalis*) skeem. A. Sisemine organisatsioon selja poolt vaadeldult. Osa sooltoru, selgmist ja kõhtmist pikiveresoont ühes kõhuajuga on kõrvaldatud; vere ringsoontest on joonistatud ainult kaks eesmist; puudub joonisel neeluüline närvitänk, samuti ka seda neelualuse närvitänguga siduv neeluümbriseline närvinide. B — ristilõik; C — eesosa kõhupoolelt, millelt on kõrvaldatud kehasein; bls — pimesool; bm — kõhtmises pikiveresoones asetsev kõhuaju; c — väädiksuguti (*cirrus*); d — sooltoru; ed — lõppsool; ep — nahaepiteel; h — seemnesari; hs — tagumine iminapp; L — kitiinne lõug; lbg — külgmine veresoon; lm — pikilihastik; n — metanefriidid kusepõitega; nh — munasarjalisand (-manus); ov — munasari; ph — neel; pr — eesnääre (*prostata*); rg — selgmine pikiveresoon; rm — ringlihastik; vd — seemnejuha; vag — tupp; vs — eesmine iminapp.

konnas (kelleks kulles on vahepeal arenenud) seedekulgla kaudu kloaaki ja sealt kusepõide.

Juhtumeil, kui vastsed satuvad väga noorte kulleste lõpuskoopasse, kujunevad nad juba siin suguküpseks, kuid nad jäävad väga väikeseks ning neil puudub tupp ja emakas. Nüüd tekib neil emaste ja isaste sugunäärmete vahel ühestus, mille kaudu toimubki iseseemendus, s. o. munade viljastus omaenda seemnega.

Üldse aga valitseb hermafrodiitidel tung enesesugutust ära hoida ja seega iseseemendust vältida. See võib toimuda kolmel viisil: 1) hermafrodiitsel suguaparaadil on selline ehitus, mis ei võimalda enesesugutust (suguühet); 2) munarakkude valmimisaeg erineb seemnerakkude valmimisajast; 3) looma muna- ja seemnerakkude vahel puudub suguline külgetõmbevõime (seksuaalne afiinsus).

Emaste ja isaste sugurakkude küpsmisaja suhtes jagunevad hermafrodiidid protandrilisiks ja protogüünilisiks.

Protandrilisil hermafrodiitidel e. eelisasusega sugukaksiklasil valmivad seemnerakud varemini kui munarakud. Selliseid vorme leiame hermafrodiitseil merevähkidel kalakakandlasil (*Cymothoidae*). Siin on vorme, kel isased suguelundid on noores eas hästi arenenud, emased aga kidurad ja loom talitleb kui isane. Hilisemas eas aga esinevad vastupidised suhted ja loom käitub emasena.

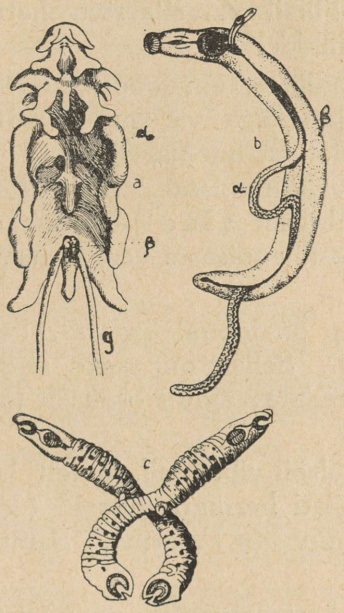
Noorel kalakakandlasel on kolm paari seemnesarju ja paaris-suguti. Hiljem aga kaovad sugutid ja rindmiku jalgade põhimikosadel tekivad liistakud, mis üheskoos moodustavad ruumi munade jaoks. Samal ajal tekivad manduvate seemnesarjade asemele munasarjad.

Protogüünilist hermafroditismi e. eel-emaselist sugukaksiklust leiame keelikloomade hõimkonda kuuluvail meritünnikesil (*Salpae*).

Omapärane sigimisviis esineb mageveekalade (karplaste) lõpuseil parasiidielu elaval imiussil kaksiklasel (*Diplozoon paradoxum*). Noored *Diporpa* nime kandvad

kaksiklased elavad üksikult. Kõhul on neil iminapjas lohk, seljal vastav näsa. Hiljem heituvad nad paarikaupa ristipidi üksteise vastu, kinnitudes iminappadega üksteise näsade külge ja kasvades viimaste varal üksteisega ühte. Seejuures liitub ühe isendi seemnejuha-ava teise isendi tupeavaga (joon. 157, c).

Ajutine suguühe kahe hermafrodiitse looma vahel on siin kujunenud püsikestvaks.



Joon. 157. Püsivalt ühenduses olevad sugupooled. a — kaladel nugilev aerjalaline vähk kühmiklane (*Chondracanthus gibbosus*); α — emaloom; β — isaloom; g — munakotid; b — inimese ja ahvide veres nugilev lahksuguline imiuss *Schistosomum (Bilharzia) haematobium*; α — emaloom; β — isaloom, c — magevee-kalade lõpuseil parasiitiv imiuss kaksiklane (*Diplozoon paradoxum*).

Ülalkirjeldatud hermafrodiitsed loomad on kujult ja ehituselt ühesugused. Kuid hermafroditism võib olla seotud ka seksuaalse dimorfismi e. sugulise kahekujulisusega. Näitena mainitagu mõningaid vääneljalgseid (*Cirripedia*), erilisi aluspinnale kinnistunud merevähke. Enamik neist on hermafrodiitsed, kuid mõnes

perekonnas leiame niihästi lahksugulisi kui ka hermafrodiitseid liike. Mõnel neist hermafrodiitseist liikidest esinevad peale hermafrodiitsete isendite veel väikesed eri laadi täiendisased (komplementäärisased), mis mõnikord hulganisti asetsevad hermofrodiitse emalooma kehal.

Täiendisaseid leiame veel krabide küljes nugilevail (parasiteerivail) söödikkakandilisil (*Epicarida*). meripurades parasiidielu elaval solgelimulasel *Entocolax*'il ja meriliiliail parasiteeriva hermafrodiitse rõngussi *Myzostoma* liikidel.

Söödikkakandiliste emaloomad on ebasümmeetrilise ketta, lihtsa või jätketega varustatud kotikese laadi. Isaloomad on emaloomist hoopis vähemad ja ehituselt enamvähem tavaliste vähkide laadi. Söödikkakandiliste rühma kuuluval protandrilisel sisekakandilisel (*Entoniscus*) leiame peale täiendisaste veel vastsetaolisi kääbusisaseid.

Milline vorm on loomil ürgsem, kas hermafroditism või lahksugulisus? Sellele on raske anda kindlat vastust. Küsimus on lahendatav ainult osaliselt ja igal süstemaatilisel rühmal eraldi.

Juba koloniaalseil viburlasil, nimelt kerilasil (*Volvox*) leiame niihästi hermafrodiitseid (*V. aureus*) kui ka lahksugulisi (*V. globator*) vorme. Samuti ka käsnadel ja nõgesloomil.

Lameusside hermafroditism on vististi esmane, primaarne. Lahksugulised on siin vaid üksikud. Näiteks toome inimese ja ahvide tõmbsoontes nugileva imiussi vereimilase *Schistosomum* (*Bilharzia*) *haematobium*'i, kes esindab ühtlasi omapärast seksuaaldimorfismi juhtumit. Isaloom on emaloomast laiem ja ta külgservad on nõnda kõhu poole kõverdunud, et keha omab pikisuunas lõhustatud toru kuju. Emaloom on isaloomast tublisti kitsam ja pikem ning asub tavaliselt isaloomast moodustatud torus. Selletõttu kannab torujas isalooma kõhupool emasekande-kanali (*canalis gynaecophorus*) nime (joon. 157, b).

Et enamik vähke on lahksugulised, siis tuleb niihästi vääneljalgsete kui ka söödikkakandiliste hermafroditismi pidada teiseseks lahksugulisest arenenud nähtuseks. On tõenäoline, et ka teised lülijalgsed, samuti ka limused, okasnahksed ja selgroogsed, on esmaselt lahksugulised.

Pseudohermafroditism e. **eba-mõlemasugulisus. Interseksuaalsus** e. **vahesugulisus. Günandromorfism** e. **naismehelaadsus.** Mitte alati pole võimalik kindlat vahet teha gonohhoristliku e. lahksugulise ja hermafrodiitse e. mõlemasugulise (sugukaksikulise) looma vahel. On loomi, kes nii välis- kui ka sisetunnuste poolest esinevad vahevormidena ema- ja isaloomade vahel. Ühed neist sarnanevad rohkem antud loomaliigi emastega, teised isastega või koosnevad emasest ja isasest poolest või osadest. Selliseid loomi kutsutakse pseudohermafrodiitideks e. ebamõlemasugulisiks e. ebasugukaksiklasiks.

Kuna päris hermafrodiidid (näit. rips-, imi- ja paelussilised, väheharjaselised rõngussid, kaanid jne.) püsivad selliseina põlvest põlve, esinevad pseudohermafrodiidid juhuti ja on enamvähem haruldased. Nad ilmuvad lahksuguliste vanemate lahksugulisis järglaskonnis individuaalsete eranditena, väärarenditena.

Pseudohermafrodiidid on põhiolult lahksugulised loomad, kuid sellised, kel välised või sisemised elundid omavad sel või teisel määral vastassugupoole tunnuseid.

Pseudohermafrodiidid võib liigitada looduslikeks ja eksperimentaalseiks.

Looduslikud pseudohermafrodiidid jagunevad interseksideks ja günandromorfideks.

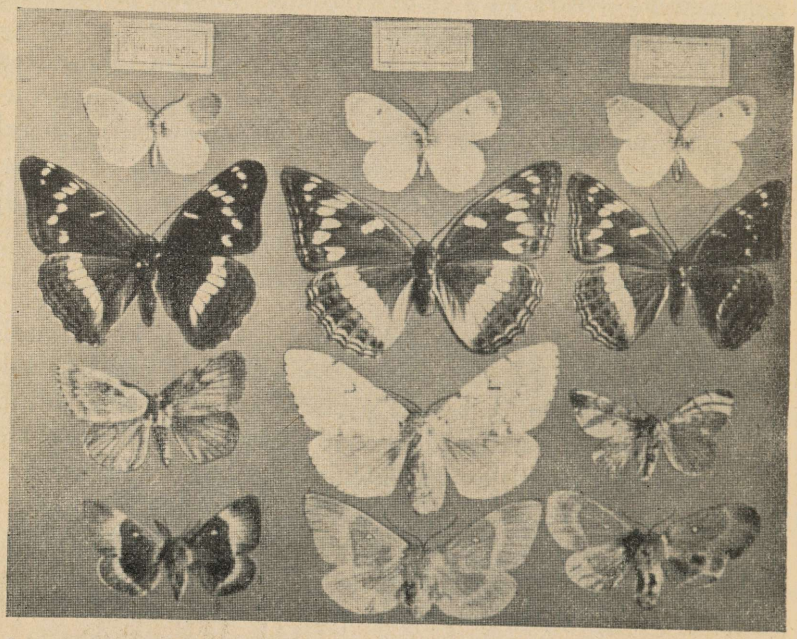
Interseksid e. vahesugulised on algeliselt ema- või isaloomad, kel mingisugused muutused sugunäärmeis on esile kutsunud vastaspoolsed sugutunnused. Selliseid sugumuutusi võivad põhjustada muuseas ka vanadus ja sugunäärmete kasvajad.

Ühed interseksid esinevad sel või teisel määral maskuliniseerunud ehk isastunud emaloomadena,

teised enam või vähem feminiseerunud e. emastunud isaloomadena (joon. 158).

Selline ema- ja isalooma maskuliniseerumine ja feminiseerumine võib toimuda nõnda, et emas- ja isastunnused osutuvad samas isendis hulgalt tasakaalustatuks.

Teistel juhtudel võib emaloom nõnda isastuda või isaloom emastuda, et emaloom lõpuks sarnaneb rohkem antud



Joon. 158. Liblikate günandromorfid (2 ülemist rida) ja interseksid (kaks alumist rida); vasemal isaloomad, keskel emaloomad, paremal pseudohermafrodiidid. Liblikate liigid ülalt alla lugedes: *Antocharis cardaminis*, *Limenitis populi*, *Lymantria dispar*, *Gastropacha quercus*.

liigi isaloomaga või isaloom emaloomaga. Sellist nähtust kutsutakse sugumuutuseks e. suguvahetuseks. Mõnedel loomadel (kaladest) võib säärane sugumuutus toimuda reeglipäraselt. Et sellisel korral tavaliselt sugumuutusele allub ainult üks sugupool, siis ei saa seda nähtust pidada päris hermafroditismiks.

Emalooma isastumist nimetatakse günandriaks e. naismeeslikkuseks, isalooma emastumist androgüüniaks e. meesnaislikkuseks. Võib teha vahet korrapärase ja erandliku interseksuaalsuse vahel.

Korrapärane e. regulaarne interseksuaalsus esineb kas noores eas ajutise, mööduva nähtusena (näit. mõnel konnal), või vanemas eas (näit. mõnel luukalal ja konnal). Nooruses esinevat korrapärase interseksuaalsuse nähtust kutsutakse embrüonaalseks ehk juveniilseks interseksuaalsuseks, vanemas eas ilmsikstulevat aga adultseks interseksuaalsuseks.

Erandlik e. ekstseptsionaalne interseksuaalsus esineb tavaliselt enamvähem juhuslikult, ainult üksikuil indiviididel ilmsikstuleva nähtusena.

Varemalt kutsuti säärast erandlikku emalooma isastumist või isalooma emastumist, mis piirdus ainult teise sugupoole välislaadi (s. o. tertsiaarsete ja osalt ka sekundaarsete sugutunnuste) omamisega, ebahermafroditismiks (*hermafroditismus spurius*).

Sellist erandliku interseksuaalsuse juhtumit, mil antud loom omab niihästi muna- kui ka seemnesarja, nimetati varemalt tõeliseks hermafroditismiks (*hermafroditismus verus*).

Günandromorfid e. günandrid on sellised pseudohermafrodiidid, kel üks osa kehast on väliselt emalooma, teine isalooma laadi ja kel need erinevad kehaosad on enamvähem laiema ulatusega ja selgesti üksteisest eraldatud (joon. 158).

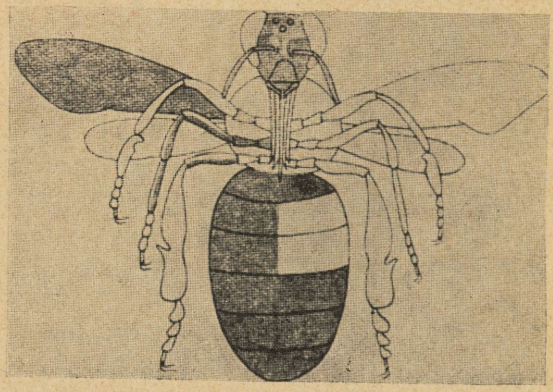
Antud nähtust kutsutakse günandromorfismiks e. naismehelaadsuseks. Varemalt kandis günandromorfism lahkpoolse mõlemasuguli-suse (*hermafroditismus lateralis*) nimetust.

Esinevad aga antud pseudohermafrodiidil need välised emaste ja isaste tunnustega kehaosad korratus segus, siis kannab loom mosaiikhermafrodiidi nimetust (joon. 159).

Kõige tavalisemad on sellised günandromorfid, kel parem kehapool on väliselt ühe, vasem teise sugupoole laadi. Harvemini esinevad günandromorfid, kel väliste sugutunnuste suhtes erinevad kas keha peapoolne ja sabapoolne või seljapoolne ja kõhupoolne osa.

Günandromorfid on võrdlemisi sagedamad putukail (eeskätt mesilasil, liblikail, lehevaablasil). Ka mõnes teises selgrootute rühmas, näit. mõnedel vähkidel, on neid leitud.

Günandromorfid, samuti ka interseksid on seda silmapaistvamad, mida suurem on antud loomaliigi *seksuaalne dimorfism*, s. o. välislaadi ja siseehituse



Joon. 159. *Kodumesilase mosaiikhermafrodiit*; emased osad tumedad, isased heledad.

erinevus ema- ja isalooma vahel. Vaatamata sagedale teravalt väljendatud seksuaalsele dimorfismile lindudel on günandromorfid nende seas üliharuldased. Imetajail pole neid siiani kindlaks tehtud.

Günandromorfseil haikaladel ja lindudel, kel parem kehapool on väliselt ühte, vasem teist sugu, sisaldab emaloomalaadne kehapool tavaliselt munasarja, isaloomalaadne seemnesarja. Putukail ei esine sellist korrapärast suhet väliste sugutunnuste ja sugunäärmete vahel.

Eksperimentaalsed on sellised pseudohermafrodiidid, mis on soetatud katse teel. Katse teel on saadud niihästi intersekse kui ka günandromorfe. Intersekse

on eksperimentaalselt saavutatud nii selgrootuil kui ka selgroogseil. Putukail on intersekse saadud eri tõugude ristlemisel (näit. liblikal lainelasel — *Lymantria*'l) või eri liikide ristlemisel (näit. liblikal paabusilmal — *Saturnia*) või mõjustades arenevaid loomi kas madalate või kõrgete temperatuuridega või ultraviolettkiirtega.

Selgroogseil on intersekse saadud sugunäärmete eemaldamisel või siirdistutamisel ühest sugupoolest teise või ühe sugupoole seksuaalhormoonide (suguärritinõrede) süstimisel teisele sugupoolele.

Günandromorfe on soetatud äädikakärbseil (*Drosophila melanogaster*), mõjustades neid röntgenikiirtega, ja mesilasil, risteldes nende eri tõuge. Mesilaste eri tõugude ristlemisel on saadud ka mosaiikhübriide.

Sugutunnused. Seksuaalne dimorfism ja polümorfism e. suguline kahe- ja mitmekujulisus. Kõik sugutunnused, s. o. tunnused, mis seda või teist sugupoolt iseloomustavad, võib liigitada kolme rühma: 1) primaarseiks e. esmaseiks sugutunnuseiks on emased ja isased sigitusnäärmed (muna- ja seemnesari); 2) sekundaarsed e. teisesed sugutunnused seisnevad emaste ja isaste sugujuhade ja väliste suguosade erinevuses; 3) tertsiaarsed e. kolmandased sugutunnused on kõik muud morfoloogilised, füsioloogilised, bioloogilised ja psühholoogilised omadused, mis iseloomustavad ühte sugupoolt teise suhtes.

Seksuaaldimorfismist e. sugu-(poolte-)kahekujulisusest kõneleme siis, kui sama liigi emast- ja isastsugu isendid erinevad üksteisest välislaadilt ja käitumiselt, s. o. tertsiaarsete ja osalt ka sekundaarsete sugutunnuste poolest. Esineb aga sama liigi piirides mitu erilaadset ema- või isaloomavormi või neid ja teisi, siis on meil tegemist seksuaalpolümorfismi e. sugulise mitmekujulisusega.

Püsilikkuse, kestuse suhtes jaguneb seksuaalne dimorfism alatiseks e. konstantseks ja ajutiseks e. temporaarseks. Ajutine seksuaaldimor-

fism esineb tavaliselt korrapäraste ajavahemike kestel, s. o. perioodiliselt.

Seksuaaldimorfism on tavaliselt olenev eluviisist — eeskätt suhetest vanemate ja arenevate järglaste vahel, s. o. lõimetishooldusest. Tähtsat osa omab seksuaaldimorfismi väljaarenduses ka sugupoolte peibutuse e. juurdemeelituse toime. Peale selle on veel mõned seksuaal-di- ja polümorfisminähtused, mis sõltuvad sugupoolte suhtumisest elavasse ja elutusse ümbruskonda.

Lõimetishooldusest tingitud seksuaaldimorfism. Haude- ja kaitsetaskud. Sageli leiame ühtedel vanemaist, eriti emaloomil, selja- või kõhupoolel erilisi ruume, kus asetsevad arenevad munad või leiavad kaitset noored. Need on haude- ja kaitsetaskud (-paunad). Mõnikord eritavad haudetasku seinad toitu, mida kasutavad arenevad järglased.

Vesikirbu (*Daphnia*) emaloomil on seljakooriku all haudetasku. Samuti on ka mõnel emas-okasnahksel haudetaskud keha seljapoolel.

Kõhupoolel leiame hauderuume mitmesuguseil emasvähkidel rindmiku-piirkonnas. Kümnejalgseil vähkidel (näit. jõevähk, krabi, homaar jne.) kinnistuvad munad tagakeha jalgadele. Tavaliselt kaitseb siin mune tagakeha ettepoole painutatud lõpposa.

Emasel kibekalal (*Rhodeus amarus*) kasvab kuse-sugupapill(-näsa) munemise ajastul pikaks torujaks munetiks (*ovipostor*). Selle varal juhib ta munetavad munad karpide lõpuskoopasse, kus nad kaitset leiavad ja välja arenevad. Guiana kalal *Aspredo*'l kleepuvad munad saba kõhupoolele, nii et arenevad munad ripuvad ema kehal nagu marjad varrel. Erilisi lõimetishooldus-vorme leiame ogalikulisil (*Gasterosteiformes*). India ookeanis elaval torusuulasel (*Solenostoma*) kannab ema arenevaid mune kokkukasvanud kõhuuimede vahel. Madunõelal (*Nerophis*) kannab isaloom mune ühes. Need asetsevad kõhunahale kinnistunult kahe pikisuunalise kõhunahakurru vahel. Kurrud esinevad ainult munakande ajal. Meri-

nõeltel (*Syngnathus*) on isaloomil saba kõhupoolsel pinnal kaks alatist kurdu munade hoiuks.

Isasel merihobul (*Hippocampus*) leidub kõhu all alatine haudetasku, mis on avatud ettepoole ja asetseb päraku kõrval. Haudetaskut vooderdav epiteel eritab toitvaid aineid. Peale selle on leitud haudetaskus vere valge- ja punaliblesid, mis sinna on sattunud lõhkenud veresoonist. Kõike seda tarvitavad toiduks arenevad looted ja maimukesed. Piipsuulasel (*Siphonostoma*) omab haudetaskut emaloom. Siin toimub areneva loote toitmine ja gaaside vahetus haudetasku seintes oleva veresoonestu kaudu.

Lõuna-ameerika kärgkonnal (*Pipa americana*) surub emaloom suguühte ajal oma kloaagi ühes munadega enda peal asuva isalooma alla. Isaloom litsub munad kloaagist välja, nii et need hajusalt levivad emalooma seljanahale ja jäävad sinna kinni. Iga muna ümber kerkib seljanahk vallikesena üles. Sel viisil kujunevad seljanahal mesilase kärje laadi kambrikesed, mille seinad nõristavad tarteljat valkainet, mida arenev loode kasutab toiduks. Munast kujunev vastne teeb kambrikeses läbi moonde ja lahkub sealt juba väikese konnana.

Brasiilia puukonnal (*Hyla goeldi*) kannab emaloom munade tombukest seljas. Mahaveeremise eest hoiab viimast seljanahast vallike.

Mehhiko paunkonna (*Notodelphys ovipara*) ja lõuna-ameerika taskukonna (*Nototrema marsupiatum*) emaloomad kannavad mune seljas olevas kotis, mille moodustavad kaks nahakurdu.

Ühel teisel konnal, tšiili suupaunlasel (*Rhinoderma darvini*), kannab isaloom kude (mune) kaela all asetsevas kotis, kust munadest arenenud järglased lahkuvad suu kaudu. Kott on tekkinud kahe kõlapõie ühinemisest ja suubub avaga kummalgi keeleküljel. Munadega täidetud kott ulatub kõhunaha all tagumiste jalgadeni. Arvatavasti avaldab haudekott looma siseelundeile survet, takistades toitumist ning hingamist. Looted on seljapoolega haudekoti seinale kinnitatud ja toituvad nähtavasti isa ainete kulul.

Sipelgasiilil (*Echidna*) tekib munemise aegadel kõhunaha-kurrust taskut e. kukkur, kuhu suubuvad piimanäärmed ja kuhu paigutatakse muna. Munast arenev noor loom leiab taskus toitu (piima) ja kaitset. Kui poeg on kukrust jäädavalt lahkunud, kaob kukkur. Kukkur on seega ajutine ja esineb ainult emasel sipelgasiilil.

Paljudel ema-kukkurloomist on kõhu all alatine kukkur, kus asetsevad nisanibud. Pojad (üks või rohkem) sünnivad ilmale üliabituina. Huulte abil kannab ema nad kukrusse. Siin haaravad järglased nisanibu suhu ja ripuvad toitudes emarinnal, kuni suureneva keharaskuse mõjul siit lahti kukuvad. Ka peale kukrust lahkumist poeb poeg sinna varju hädaohu puhul.

Nagu kukkurloomil, nii toidavad ka emakoogilisil imetajail emaloomad järglasi piimaga, mida neil eritavad hästiarenenud emarinnad e. nisad.

Kuna munevail imetajail piimanäärmed on suguvõsaloolises arengus vist kujunenud higinäärmeist, põlvnevad need emakoogilisil rasvanäärmeist. Poegivate imetajate isaloomil on nisad rudimentsed.

Ülal-loeteldud juhtudel erineb mune, looteid või poegi kandev ja nende eest hoolitsev sugupool teisest sugupoolest morfoloogiliselt. Kuid peale morfoloogiliste tunnuste väljendub seksuaalne dimorfism veel bio-psühholoogilisis omadusis — instinktides ja kihudes.

Instinktid. Tertsiaarsete sugutunnuste hulka kuuluvad ka mitmesugused vaistud — instinktid, mis iseäranis selgesti esile tulevad lõimetishooldus-toimes Selgrootuist on sellised vaistud iseäranis rikkalt ja peenelt välja arenenud termiitidel, mesilasil, vaablasil ja sipelgail. Selgroogseist leiame lõimetishooldust korraldavaid instinkte paljudel kaladel, amfiibidel, roomajail. Eriti kõrgele järjele aga on järglaste eest hoolitsemisega seotud instinktid ja kihud välja arenenud imetajail ning lindudel.

Tähtsat osa etendavad instinktid ka sugupoolte juurdemeelitus- e. peibutustoimes.

Emane pihklane (*Myxine*) sõõrsuulisist kerib end keeritsjalt äsja pandud munade tombu ümber, seda kaitstes.

Ameerika kopskalal soomussireenlasel (*Lepidosiren*) kaitseb isaloom mune (kudu), mis emaloom on munenud jõepõhja uuristatud koopasse.

Euroopa selgeveelistes ojades elutsev isa võldas (*Gottus gobio*) uuristab emaloomale munemiseks (koeheiteks) põhjaliivasse pesa või ehitab selle kivikesist.

Isane ogalik (*Gasterosteus aculeatus*) valmistab veetaimede kõrtest ja juurtest pesa, tarvitades tsemendiks vees tarduvat neerude eritist. Peale seda, kui kudu on pessa munetud, kaitseb ta seda ja selle väljaarenenud maimukesi niihästi vaenlaste kui ka emaogaliku eest.

Seksuaaldimorfism, mis sõltub suhteist ema- ja isalooma vahel. Suurus. Üks sugupool võib suuruselt ületada teist. Ühtedel, näit. veislasil, hirvlasil, kanalisil, põdrasitikal (*Lucanus*) on isaloom emaloomast suurem. Teistel, nagu paljudel vähkidel, ämblikel, enamikul putukaist, keriloomadel, röövlindudel jne., on emaloom suurem kui isaloom.

Äärmist sugupoolte suurusevahet leiame meres elutseval kidavaglal kärsskidalasel (*Bonellia viridis*), kel emaloom on 15 cm, isaloom ainult 1—2 mm pikk. Ühes suurusega avaldub siin seksuaalne dimorfism ka kujus. Emaloom on pika kaheharulise londiga varustatud kotikese laadi, isaloom aga süstikjas ja lihtsandatud ehitusega. Noores eas elutsevad isaloomad emalooma londil, hiljem seedekulglas ja lõpuks sugujuhas.

Kaladel nugileva aerjalalise vähja kühmiklase (*Chondracanthus gibbosus*) isaloom on emaloomaga võrreldes üliväike ja elutseb püsivalt emalooma kehal (joon. 157, a).

Rottides parasiitival ümmarussil jõhvlasel *Trichosomum crassicauda* elab emaloomast palju pisem isaloom emalooma emakas.

Liikumisriistad. Isaloomad on tavaliselt liikuvamad ja aktiivsemad kui emaloomad. Vastavalt sellele on isaloomadel sageli ka liikumiselundid paremini välja arenenud. Nii näiteks on ühtedel emaliblikaist niisama suured tiivad ja sama lennuvõime kui isaseil. Teistel emaseist aga

on tiivad vähemad kui isaseil ja vastavalt sellele ka lennuvõime väiksem. Kuid on ka selliseid emaliblikaid, kel tiivad on rudimentsed või puuduvad täiesti. Käsikäes liikumisvõime kahanemisega käib tavaliselt kehakoguse kasvamine. Emased märslased (*Psyche helix*) on kaotanud mitte ainult tiivad, vaid ka jäsemed, muutudes ussilaadseks. Kuid kehasuuruselt ületavad nad tiibadega varustatud isaloomad.

Tarakanil (*Periplaneta orientalis*), kel tiivad on rudimentsed, on need isasel siiski suuremad kui emasel.

Võitlusriistad. Isaloomil on sageli hästi välja kujunenud need elundid, mida nad kasutavad omavahelises võitluses emaloomade pärast. Siia kuuluvad pulli tugevad sarved, kuldi kihvad, isase merihobu võhad jne. Hirvlasil omavad sarvi ainult isaloomad peale põhjapõdra, kel need esinevad mõlemal sugupoolel. Kuna veislasil (veis, lammas, antiloop, kits jne.) ja kaelkirjaklasil sarved on püsivad moodustised, esinevad need hirvlasil inna-(östrus-)ajal ja tulevad ära mõne aja pärast peale innaperioodi lõppu (sarvemurd).

Isasel tutkal (*Philomachus pugnax*) e. nn. riiukukel tekib kevadel pikkadest kaelasulgedest krae, mis on igal isendil isevärvi. Siis toimuvad isalindude vahel võistlusmängud, kus krae etendab kilbi ja nokk oda osa.

Elundid sugupoolte juurdemeelitamiseks e. sugulised peibutusvahendid. Lõhnad. Katsed liblikatega lubavad oletada, et emaliblikad eritavad lõhnaineid, mis isaliblikaid ligi meelitavad. Ka isaliblikail on leitud erilisi lõhnavaid osi — lõhnasoomuseid. Ühtedel (näit. naeriliblikal) levivad need lõhnasoomused hajusalt üle kogu tiiva, teistel aga esinevad ainult paiguti kas laikudena (paljudel silmiklasist *Satyridae*) või mustade juttidena (sinilibliklasil *Lycaenidae* ja mõnel pärlmutterliblikal, näit. *Argynnis paphia*'l). Lapimaa jääliblikal (*Oeneis norna*) on see lõhn nii tugev, et isegi inimene seda tajub.

Isasel muskushirvel (*Moschus moschiferus*)

leiduvad naba ja suguti vahel näärmed, mis eritavad tugeva lõhnaga ainet — muskust emalooma ligimeelitamiseks.

Maigud. Isasel prussakal (*Phyllodroma germanica*) on tagakeha 7.—8. lülil hästiarenenud näärmed, mille nõre maitseb emaloomile hea.

Helid. Isaseil putukail leiame erilisi heliriistu, mis emaseil on vähe arenenud või puuduvad. Ritsikail on ühes eesmisist tiibadest või reiel tugeva kitiinraamiga kile. See kile hakkab võnkuma ja soetab helisid, kui tiibu hõõrutakse reie või mõlemaid tiibu üksteise vastu.

Isaseil siristajail (*Cicada*) leiduvad sellised heliriistad tagakeha eesmisel segmendil (lülil) ja helisema paneb need eriliste lihaste kokkutõmme ning lõtvumine.

Isakonnadel võivad esineda suupõhjas väljasopistised, nn. kõlapõied, mis krooksumishelisid tugevdavad. Enamikul lindudest, eriti aga kisa- ja laululisil, on kõrilõõri alaotsal nn. laulukõri, mis on isalindudel paremini välja arenenud kui emaseil. Seoses sellega on lauluvõimega annetatud peamiselt ainult isalinnud. Isatikutaja (bekass) toodab erilisi möhitsevaid helisid sabasulgede vastaval õõtsutusel.

Enamikul imetajaist on isaloomil kõri avaram, häälepaelad tugevamad ja vastavalt sellele ka hääl tugevam ning jämedam.

Valgus. Paljudel loomadel on sugupoole juurdemeelitamiseks ja leidmiseks valgus. Seks esinevad neil erilised sisseseaded, mis soetavad valgust.

Infusooril ööhiilguril heleneb üksainus rakk. Hulkrakseil leiame mitmesuguseid helenduselundeid. Lihtsamal juhul esinevad need rasvainet ja sageli ka kusehappesooli sisaldavate rakkude kogumikena (nõgesloomil, limuseil). Limusel *Phyllirhoe*'l hiilgab närvikude, putukail (näit. jaaniussil) rikkalikult õhutorudega (trahheedega) varustatud rasvkude.

Keerukama ehitusega helenduselundid (fotogeensed organid) koosnevad näärmelise iseloomuga valgust-tootvast (fotogeensest) osast, mida ümbritseb guaniinikristalle

sisaldav peegeldaja- ja pigmenti sisaldav eraldamiskiht. Selliseid elundeid leiame süvaveekaladel, peajalgseil limuseil, vähkidel jne. Need helenduselundid võivad asetseda mitmesuguseil kehaosadel — kaladel isegi peas olevate jätkete tipul, meenutades varrega laternaid.

Meres elaval o h e r d k a r b i l (*Pholas dactylus*) helendab keha kattev lima. Viimane sisaldab helenduselundeist nõristatud valkainet l u t s i f e r i i n i ja käärollust (fermenti) l u t s i f e r a a s i, mida eritavad nahanäärmed. Lutsiferaas mõjub merevee juuresolekul lutsiferiinile, seda hapendades, millist toimet saadab helendus.

Süvavee-(abüssaali-)loomil on helenduselundid peale sugupoole ligimeelitamise ja leidmise veel ümbruskonna valgustamiseks, saaklooma ligimeelitamiseks ning vaenlase peletamiseks.

V ä r v i d j a k i r j a d. On võimalik, et emaloomade ligimeelitamiseks on mõnedel loomadel, eriti isalindudel, kirjud värvid ja silmapaistvad värvikirjad. Sageli on värvikirjud suled tavalisist suuremad ja kujult erinevad, näit. isapaabulinnu sabal ja peas.

On ka selliseid linde, eriti pardiliste seas, kel omapärane või värviküllane sulestik, nn. p u l m a r ü ü ehib isalooma ainult paaritusajastul. Nii näiteks on isasel s i n i k a e l - p a r d i l kevaditi pea- ja ülakael läikiv siniroheline. Kaela keskosa piirab valge kaelus. Puguala ja eesrind on kastanpruunid, kõhualune helehall valkjate ristiviirudega. Emalind on isalinnust väiksem, pruuni- ja mustakirju. Pärast paaritusaega omandab isalind uue sulestu, mis sarnleb emalinnu omaga.

Pulmarüü võib esineda ka roomajail, kahepaikseil ja kaladel. K i v i s i s a l i k u l (*Lacerta agilis*) on isaloom värvilt tavaliselt emalooma laadi — ülapoolel pruun või hall, alapoolel rohekaskollane ja mustatäpiline. Kevaditi aga, sugulise tegevuse ajastul, värvuvad isalooma kereküljed, juhuti kogu kehagi, erkroheliseks.

Kevadel sigimisajal kasvab isase v e s i l i k u e. t r i i t o n i (*Triton vulgaris*) seljal olev hambuline või lainja harjaga nahakurd kõrgemaks, tavaline hallikaspruun

seljavärvus muutub rohekamaks ja ruugjaskollane kõhualune ruugemaks.

Kaladest ilmuvad karplasil (*Cyprinidae*) kevaditi soomuseid katvas pealisnahas valvakad, sarvunud rakkudest köbrukesed, nn. helmeselundid.

Isalõhel muutuvad innaajaks lõuad pisut kumeramaks ja alalõua otsal tekib tugev konksjas jätke. Ühes sellega muutub ka ta nahavärvus (seljal sinakasroheline, kõhul hõbevalge) punakaks.

Isaogalikul värvub muidu kahvatu seljapool eresiniroheliseks ja kõhupool kirsspunaseks.

Elundid emaloomade leidmiseks. Emaloomade leidmiseks on isaloomil eeskätt hästiarenenud haistmis- ja nägemisriistad. Vähkidel ja putukail on haistmiselundeiks tundlad (antennid). Isaloomil on tundlad tavaliselt pikemad, rohkem eristunud ja rikkalikult varustatud haistmisrakkudega.

Isaseil putukail on silmad sageli paremini arenenud kui emaseil. Isaseil lehviktiiblasil (*Strepsiptera*) on suured poolkerajad liitsilmad, kuna tiivutuil tõugu laadi emaloomil silmad üldse puuduvad. On putukaliike, kel isaloomadel liitsilmad koosnevad suuremast osasilmakeste (ommatiidide) arvust kui emaste omad (näit. jaaniussil — *Lampyris splendida* on neid isaloomal 2500, emaloomal 300).

Elundid emaloomast kinnihoidmiseks. Vähjakesel lõpusjalal (*Branchipus*) on emalooma haaramiseks ja kinnihoidmiseks suguühtel teine suurem tundlapaar. Isasel vesikirbul (*Daphnia*) on sama ülesande sooritamiseks tugev, eriliste haagikestega varustatud esimene tundlapaar. Isasel ujumardikal (*Dytiscus marginalis*) on eesmiste jäsemete käpad laiad ja varustatud iminappadega.

Isakonnadel on emaloomast kinnihoidmiseks pöidlal erilised sarvunud kühmud — pöidlamõhnad.

Seksuaalset polümorfismi e. sugulist mitmekujulisust leiame näiteks putukail, hulkjalgseil, vähkidel, puukidel.

Vähjal (*Leptochelia dubia*) on kahte laadi isaloomi, kellest ühed omavad tugevamaid sõrgu, teised tugevamaid tundlaid.

Mõnel troopilisel ratsulibliklasel (*Papilionidae*) esineb isegi 3 kuni 4 välislaadilt erinevat emalooma. Neist emaseist võivad mõned kujult, värvuselt ja värvikirjalt sarnaneda teiste samas paigas levivate liblikaliikidega (mimikri e. järeleaimus).

Puugil (*Syringobia chelopsus*) esinevad kahel kujul niihästi ema- kui ka isaloomad.

Seksuaalse polümorfismi bioloogiline tähtsus on suurelt osalt selgitamata.

Suguküpsus ja täisiga. Neoteenia. Dissogoonia. Pedogenees. Suguküps on loom, kui ta seemnerakud on suutelised viljastama munarakke ja munarakud on arenemisvõimelised [kas seemendatult või ilma (partenogeneesi e. neitsisigimise puhul)].

Enamik loomi saab suguküpseks täisealiseks e. täiskasvanuks kujunedes. Siin ühtivad suguküpsuse ja täisealisuse (täiskasvanu) mõisted.

Mõned loomad aga võivad muutuda suguküpseks juba vastse- e. larvieas. Sellist noore, alaealise looma suguküpsuse nähtust kutsutakse neoteeniaks e. vastsesigimiseks.

Neoteenia on tavaline salamanderlaste sugukonda kuuluval mehhiko tõmpsuulasel (*Amblystoma mexicanum*). Tõmpsuulase suguküpse vastset kutsutakse aksolotliks (*Siredon pisciformis*). Kehval toitumisel ja asupaiga vete kahanemisel võib aksolotl kaotada lõpused ja sabauime ning muutuda tõmpsuulaseks.

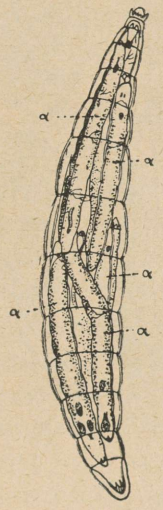
Nii aksolotl kui ka tõmpsuulane on lahksugulised (gonohhoristid) ja nende munad vajavad arenemiseks seemendamist.

Erandjuhtudel võib neoteenia esineda ka vesilikul (triitonil) ja mõnedel termiitidel.

Neoteeniataoliseks nähtuseks on ka dissogoonia e. suguküpsuse kordus, mida esindavad mõned kamm- ja nõgesloomad. Siin sigib loom kord vastse-, kord

täiseas, kuna vahepeal suguelundid on mandunud. Mõlemal korral vajavad munad nagu neoteeniagi puhul arenemiseks seemendamist.

Kuna neoteenia ja dissogoonia esinevad amfigoonilise, s. o. seemendamisega seotud vastse-sigimisena, on pedogenees e. vastse-neitsisigimine monogooniline e. ainusuguline (ainuvanemaline) vastse suguline sigimisvorm. Pedogeneesil soetab vastne järglase partenogeneetiliselt, s. o. seemendamata munast.



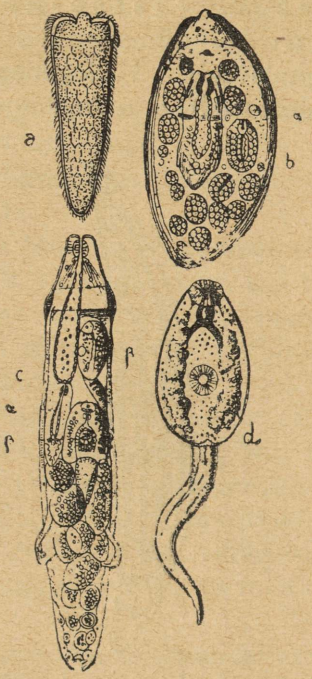
Joon. 160. Pahksääsklase *Heteropeza* (e. *Miastor*'i) vastne. Sünnitab partenogeneetiliselt e. neitsisigilikult, s. o. seemendamata munast arenevaid järglasi. α — vastse kehas arenevad tütarvastsed.

Pedogeneesi leiame mõnedel pahksääsklasil (*Cecidomyidae*) (joon. 160) ja mõnedel imiussilisil, näiteks maksa kakssuulasel (*Fasciola hepatica*) (joon. 161).

Pahksääsklaste tõukude (vastsete) kehas küpsevad munad, millest seemendamata tekivad uued tõugud. Arenevad tõugud toituvad ema kehast, hävitades selle. Tõugud ise muunduvad kas valmikuiks, või neis tekivad munad, mis arenevad neitsisigiliselt uuteks tõukudeks.

Sisenõristus- e. **sisesekretsioonielundid** e. endo-

kriinsed e. inkreetsed näärmed ei moodusta sellist anatoomilist ühikut kui näiteks närvisüsteem või ringelundkond, vaid koosnevad osistest, mis kuuluvad mitmesugustele teistele elundkondadele. Füsioloogiliselt aga esineb sisenõristuselundkond tervikuna, mille üksikosiste talit-



Joon. 161. Maksa kakssuulase e. maksakaani (*Fasciola hepatica*) arenemine. a — seemendatud munast arenev vabalt ringi ujuv vastne ripslane e. miratsiid; b—kotlane e. sporotsüst, kes tekib ripslasest ja kelle seemendamata munadest arenevad soollased e. reediad; c — soollane, kelle seemendamata munadest arenevad uued soollased (α) või sabalased e. tserkaarid (β); d — sabalane.

lused on kooskõlastatud niihästi omavahel kui ka looma keha kui terviku eluga.

Sisenõristuselundite ülesandeks on reguleerida keha koostavate elundite normaalset arenemist ja nende kooskõlalist talitlemist. Viimane ülesanne on sisenõristuselundeil ühine närvisüsteemiga.

Anatoomiliselt ja füsioloogiliselt on sisenõristuselundid

juhadeta näärmed. Nende nõred, nn. hormoonid e. ärritinõred, satuvad tavaliselt neid kui näärmeid varustavate verekapillaaride kaudu verre, mis neid vastavaile kehaosadele üle kannab.

Hormoonid töötavad ja mõjuvad üliväikeste annustena.

Sisenõristuselundid kas soetavad hormooni iseseisvalt, autonoomselt või, mis on tavalisem, teiste sisenõristusnäärmete või närvisüsteemi virgutusel.

Hormoonid reguleerivad asjaomaste kehaosade arenemist või talitlusi kas vahetult, otsesel teel või närvisüsteemi kaudu.

Hormoonide mõju organismile võib liigitada morfogeneetiliseks e. kuju tekitavaks ja funktsionaalseks e. talitluslikuks.

Hormooni morfogeneetiline, kuju tekitav mõju seisneb selles, et antud elundi väljaarenemine toimub hormooni mõjul kas kiiremini või aeglasemini või omab uut suunda. Hormooni funktsionaalne, talitluslik mõju avaldub selles, et hormoon võib muuta antud elundi talitluse tõhusust (intensiivsust) või laadi (kvaliteeti). Sama hormoon võib mõjustada ühte elundit morfogeneetiliselt, teist funktsionaalselt.

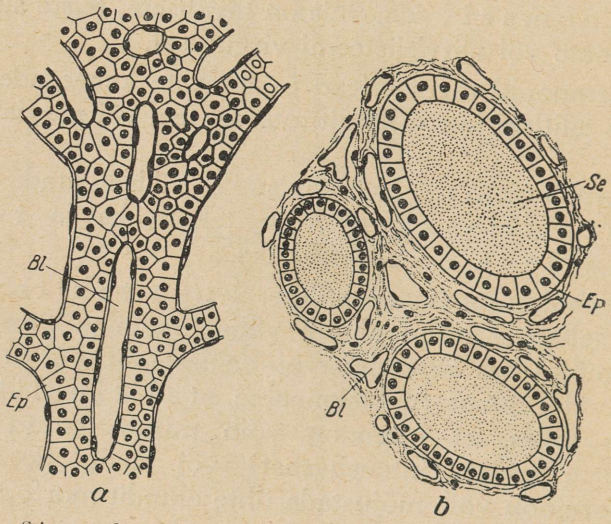
Kaks või rohkem hormooni, mille mõju antud elundi arengule või talitlusele on sama, on sünergeetilised e. kaastoimelised.

Antagonistlikud e. vastastoimelised on sellised hormoonid, mille mõju antud elundi koetisele, arengule või talitlusele on vastupidine, näiteks ühel ergutav, teisel halvav.

Tavaliselt valitseb looma kehas nn. hormonaalne tasakaal, mil kaas- ja vastastoimeliste hormoonide töö vahel valitseb kooskõla.

Hormoonide talitlusel puudub liigiline spetsiifilisus e. eripärasus. Näiteks antud selgroogse liigil esinev hormoon mõjub temale omasel viisil ka kõigile teistele selgroogseile.

Sisenõristuselundid on tavaliselt epiteelse koetisega arendid, esinedes veresoontest läbitud rakkude-sarrana või suletud põiekestena. Esimest ehitustüüpi kutsutakse epiteelpõrgatüübiks (esineb näiteks epiteelkehakesil, ajuripatsi eessagaral, neerulähisel näärmel), teist põietüübiks (esineb kilpnäärmel) (joon. 162).



Joon. 162. Sisesekretsiooni (sisenõristuse, endokriinse, inkretoorse) näärme ehitus (skeem); a — epiteelpõrgatüüp (esineb epiteelkehakesil, ajuripatsi eessagaral, neerulähisel näärmel); b — põietüüp (esineb kilpnäärmel); Bl — veresoon; Ep — näärmeepiteel; Se — sekreet (nõre).

Sisenõristuselundid võivad tekkida niihästi ekto- ja ento- kui ka mesodermist.

Sisenõristuselundeid on siiani paremini uuritud ainult selgroogseil, ehkki need ei näi puuduvat selgrootuil. Konuvaglal (rõngussidest) *Physcosoma*'l on avastatud nefriidmõikudel nn. internefridiaalelundid (toruneeruvahelised e.), mille kõrvaldamisel loom hukkub. Kuid internefridiaalelunditeta looma võib päästa, kui ta kehasse poogitakse kild mainitud elundist, mis nähtavasti esineb sisenõristusnäärmena.

Mõnel vähjal on sugunäärmed ühtlasi sisenõristus-

näärmeiks, mille hormooni mõjul neil arenevad välja vahed ema- ja isalooma vahel.

Pärishännaklasil e. garneelidel (vähkidest) etendavad hormoonid (silmade vahetalitlusel) osa nahavärvuse muutustes.

Elundite alusel, mille materjalist arenevad sisenõristusnäärmed, võib viimased liigitada branhhiogeenseiks, enterogeenseiks, neurogeenseiks, stomoneurogeenseiks, tsöloomoneurogeenseiks ja gonogeenseiks.

Branhhiogeenseiks e. lõpusetekkesiks sisenõristuselundeiks on kilpnääre, epiteelkehakesed e. lisa-kilpnäärmed ja harknääre.

Kilpnääre (*glandula thyreoidea*) koosneb liimjat ainet (kolloidi) sisaldavaist, ainukihilisest epiteelist põiekesist, mis tekivad neelupõhja epiteelist. Kilpnäärme hormooniks on joodi sisaldav türoksiin (*dijodoxyphenyl-dijodtyrosin*). Türoksiin tõhustab ainevahetust, põhjustades eeskätt süsivesikute, kuid ka rasvade ja valkude laostumist (joon. 163, Thyr, 162, b).

Kui noorel kasvaval loomal kilpnääre pole küllaldaselt arenenud või kui see kõrvaldatakse, siis jäävad looma kasv ja sugunäärmete arenemine kängu, nahk tursub ja hingeline, psüühiline areng jääb puudulikuks. Inimesel esineb selline haiguslik seisund kõrgmägede orgudes ja kannab endeemilise e. paigulise kretinismi nime. Haiguse põhjuseks peetakse joodi puudumist joogivees.

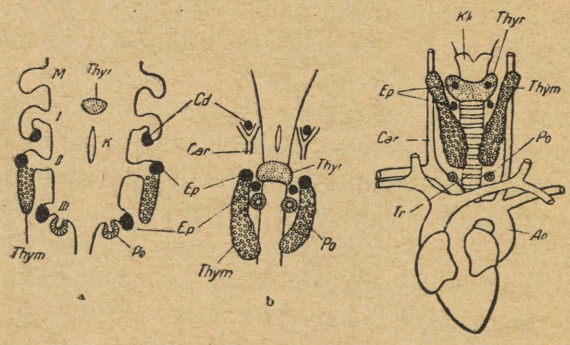
Täiskasvanul tekitab kilpnäärme nappareng või eemaldamine ainevahetuse tõhususe soikumist, naha pundumist ning üldist kehalise ja vaimse normaalseisundi häiret.

Kilpnäärme üliareng e. ülitalitlus (e. hüperfunktsioon) tõhustab ainevahetust, kiirustab südametegevust ja põhjustab punnissilmasust (Basedowi tõbi).

Epiteelkehakesed e. lisa-kilpnäärmed (*glandulae parathyreoideae*) tekivad neljajalgseil lõpuskottide epiteelist ja esinevad täisealisil umbsete epiteel-

väädikestena. Mõnedel (näit. inimesel) liituvad nad kilpnäärmega. Epiteelkehakeste hormoon (mida siiani pole puhtalt saadud) korraldab kaltsiumi-ainevahetust looma kehas. Epiteelkehakeste kiduruse, alatalitluse (e. hüpofunktsiooni) või nende kõrvaldamise korral langeb vere kaltsiumisisaldavus, mis põhjustab haiglast närvierutust ja tetaanilisi krampe. Tabades südame- ja hingamislihaseid põhjustavad need krambid looma surma (joon. 163, Ep, 162, a).

Harknääre (*glandula thymus*) tekib, nagu epiteelkehakesedki, loote lõpuskottide epiteelist. Täisealisel



Joon. 163. Branhiogeensed e. lõpusetekkesed sisesekretsiooni- (sisenõristus-) näärmed imetajail. a — varasem, b — hilisem, c — pooltäisealine arenemisaste; I, II, III — esimene, teine ja kolmas lõpuspilu; car — unetuiksoon e. karootis; Cd — karotiid- e. unetuiksoone-nääre, mille talitlus on tume; Ep — epiteelkehakesed e. lisa-kilpnäärmed; K — kõripilu; Kh — kõri; M — kuulme- e. trummiõõne (keskkõrva) suge; Po — postbranhhiaalne (e. lõpusetagune) e. supraperikardiaalne (e. südamepaunaüline) keha, mille tähendus on teadmata; Thym — harknääre e. tüümus; Thyr — kilpnääre e. türeoiid; Tr — kõrilõõr e. hingetoru.

koosneb see osalt võrgulise sidekoe laadi epiteelist, osalt lümfotsüüte (mahlakehakesi) sisaldavast võrgulisest sidekoest (joon. 163, Thym).

Enamikul imetajaist kasvab harknääre kuni looma suguküpseks kujunemiseni (puberteedi- e. murdeeani) ja hakkab siis jädenduma. Harknäärme puudulik arenemine või kehast eemaldamine põhjustab luude kidurat kasvamist ja sigituselundite liigset arengut (e. hüpergenitalismi).

Kui ei toimu täisealisel harknäärme taandarengut, siis säilib tal kehalisi ja hingelisi lapsetunnuseid (infantilism).

Enterogeenseiks e. sooletekkesiks sisenõristuselundeiks on kõhunäärme e. pankrease Langerhansi rakusaared ja peensoole limaskest.

Langerhansi rakusaared esinevad kõhunäärme massis asetsevate, veresoontest läbitud epiteelrakkude kogumikena.

Langerhansi rakusaarte hormooniks on insuliin (polüpeptiidi-taoline aine, mis muutub lõhustumisel amiinohappeiks). Insuliin kiirustab glükogeeni (loomalise tärklise) tekkimist ja säilitamist maksa- ja lihasrakkudes. Insuliin kiirustab suhkru põletamist (hapendumist) rakkudes. Tekib looma kehas liiga palju insuliini, siis kahaneb vere suhkrusisaldavus, mis põhjustab nn. hüpoglükeemilist šokki, mis, seisnedes krampides ja hingamistoime halvatuses, võib lõppeda surmaga.

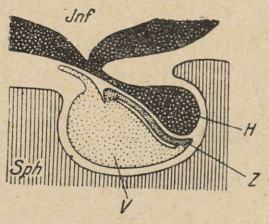
Langerhansi rakusaarte alatalitlusel või hävitusel kaob glükogeen maksast ja lihaseist, suureneb vere suhkrusisaldavus (hüperglükeemia), tekib suhkrukusesus (glükosuuria). Ühtlasi esinevad rikked rasvade ainevahetuses, mis põhjustavad atsetooni ilmumist veres ja kuses.

Peensoole limaskest sisaldab eelhormooni prosekretiini, mis maost tuleva soolhappe mõjul muutub sekretiiniks. Sekretiin kui hormoon mõjustab vere kaudu kõhunääret, virgutades seda nõristama temale omaseid fermente.

Neurogeense e. närvitekkese sisenõristuselundina esineb epifüüs e. ajukäbi (e. käbikeha) (*epiphysis cerebri* e. *glandula pinealis*). Ehkki ta hormooni pole siiani eraldatud, peetakse teda talitluselt hüpofüüsi e. ajuripatsi (vt. allpool) vastandlaseks. Epifüüs avaldab sigituselundite arenemisele takistavat mõju. Inimesel taandareneb ta alates 7 eluaastast. Soigub ajukäbi

talitlus liiga varakult, siis muutub loom niihästi kehaliselt kui ka vaimselt enneaegselt küpseks. Epifüüs tekib vaheaju lae väljasopistisena (joon. 109, Ep).

Stomoneurogeenseks e. suu-närvitekkeseks sisenõristuselundiks on hüpofüüs e. ajuripats. Ta koosneb 3 osast: ees-, vahe- ja tagasagarast. Hüpofüüsi ees- ja vahesagar tekivad suulae ektodermsest epiteelist ning moodustavad koos nn. adenohüpofüüsi e. näärmeajuripatsi (joon. 164, 109, Hy).



Joon. 164. Paksutilõige imetaja hüpofüüsist e. ajuripatsist (skeem). Inf — vaheaju lehter; H — tagasagar; V — eessagar; Sph — kiilluu; Z — vahesagar.

Ajuripatsi eessagar esineb veresooneka epiteelrakkudest väädistikuna, kuna vahesagar on mitmekihilisest epiteelist ja ümbritseb imetajail mantlina ajuripatsi tagasagarat. Hüpofüüsi tagasagar areneb vaheaju põhja moodustavast lehterelundist. Ta koosneb suurist käävjaist või harulisist rakkudest, mis vanemail loomil sisaldavad rohkesti tumepruuni pigmenti.

Hüpofüüsi eessagara nõres on avastatud mitu hormooni. Need on: 1) prolaan A, mis virgutab munasarjas olevate muna sisaldavate Graafi folliikulite (nääpsude) arenemist; 2) prolaan B algatab munasarja kollakeha (*corpus luteum*) teket ja virgutab seda oma hormooni nõristama (vt. allpool kollakeha hormoon e. lutiin). Et prolaan A ja B mõjustavad sugunäärme talitlusi, kutsutakse neid gonadotroopseiks e. sugunääret mõjustavaiks hormoonideks; 3) hor-

moon, mis soodustab organismi kasvamist; 4) hormoon, mis virgutab kilpnääret tõhusamale tööle. Viimane hormoon kannab ka türeotroopse e. kilpnääret mõjustava ärritinõre nimetust.

Noorel loomal põhjustab hüpofüüsi eessagara kõhetus või kõrvaldamine kääbusust e. nannismi, täiskasvanud keha temperatuuri langemist ja sigituselundite mandumist.

Hüpofüüsi liiga tugev areng põhjustab kasvaval loomal hiidsust e. gigantismi ja liiga varajast suguelundite väljaarenemist, täiskasvanul aga väljuvate kehaosade, nagu nina, lõua, jäsemete liiga tugevat kasvu (akromegaalia e. liikmehiidsus).

Vahesagara nõre koosneb nähtavasti mitmest hormoonist. Need hormoonid nõrguvad peaajuvatsakesi täitvasse vedelikku ja reguleerivad kas vahetult või vaheaju vegetatiivsete närvikeskmete kaudu vegetatiivsete elundite talitlusi, nagu veresoonte, soole, kusepõie, emaka ja silelihaste toonust, kuse teket, vere rasvasisaldavust, keha temperatuuri jne.

Kaladel ja konnadel põhjustab vahesagara nõre (intermediin) nahapigmentatsiooni melanofooride laienedes.

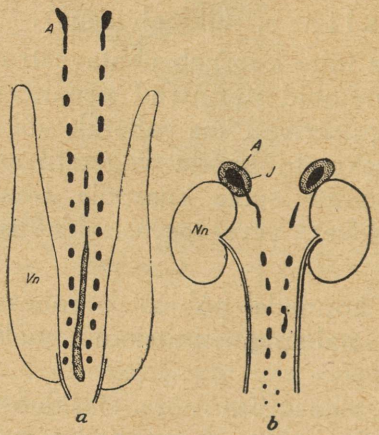
Hüpofüüsi tagasagara nõre sisaldab vist samuti mitu hormooni, mis korraldavad vegetatiivsete talitluste, nagu ainevahetuse, hingamise, vereringe, silelihaste töö normaalset toimet.

Tähtsamaid hüpofüüsi tagasagara talitlusi on organismi veemajanduse korraldus. Tagasagara ekstraktide (hüpofüsiini, pituitiriini jne.) süstimine tõstab arteerset vererõhku (ahendades arterioole ja kapillaare) ja tõhustab emaka silelihaste tööd. Arteerse vererõhu tõstmise põhjustajaks peetakse hormooni vasopressiini ja emaka silelihastu erutajaks teist hormooni orastiini.

Tsöloomoneurogeenseid e. keha-õõnise-närvitekkesi sisenõristuselundeid on

2 liiki: neeruvahelised näärmed (*glandulae interrenales*) ja neerupealsed näärmed (*glandulae suprarenales*) (joon. 165).

Neeruvahelised näärmed tekivad tsöloomi (teisese kehaõõnise) epiteeli puhetistena, mis hiljem arenevad veresoonerikkaiks rakuväätideks. Neerupealsed näärmed arenevad sümpaatiliste tänkude sugemeist ja esinevad nagu viimasedki metameersete paaridena. Et sümpaatiliste rakkude tsütoplasmas sisaldub kroomhappest kollaseks ja pruuniks värvuvaid teri, kannavad neerupealsete näärmete rakud ka kromafiinsete e. kroomi eelistavate rakkude nime.



Joon. 165. Tsöloomoneurogeensed e. kehaõõnise-närvitekkesed sisenõristuselundid; a — haikalal; b — imetajal; A — neerupealne e. suprarenaalne osa; I — neeruvaheline e. interrenaalne osa; Nn — metanefros (püsi-, järel- e. lõplik neer); Vn — mesonefros (teisineer e. Wolfi keha).

Alamail selgroogseil (kaladel, amfiibidel) on neeruvahelised ja neerupealsed näärmed üksteisest ruumiliselt eraldatud. Roomajail, lindudel ja imetajail aga on nad kummalgi pool ühte liitunud ühtlaseks tervikuks, mis kannab neerulähise näärme (*glandula adrenalis*) nime. nime.

Neerulähise näärme sisemine osa, nn. säsiollus, vastab alamate selgroogsete neerupealsele, ja välimine osa,

nn. k o o r o l l u s , alamate selgroogsete neeruvahelisele näärmele.

Säsiolluse hormooniks on a d r e n a l i i n. Adrenaliin virgutab tööle kõik sümpaatilise närvistiku poolt närvistatud koed: paisutab silmaava, kiirendab südametegevust, tõhustab veresoonte kokkutõmmet, põhjustades vererõhu tõusu. Et adrenaliin erutab maksarakke neis talletatud glükogeeni suhkruks muutma, siis on ta insuliini vastandlane (antagonist).

Koorolluse e. neeruvahelise näärme häired põhjustavad organismi üldist jõuetust ja selle näärme kõrvaldamine toob surma. Koorolluse hormoon, nn. k o r t i i n, on hiljuti eraldatud puhtana. Kortiini süstimine aitab mahendada ülalmainitud riket ja ära hoida surma.

Neerulähise näärme kui terviku rike või osaline eemaldamine põhjustab jõuetust, südametegevuse aeglustumist, vere rõhu ja suhkrusisaldavuse langust ning mustjaspruuni pigmendi kuhjumist nahasse (Addisoni tõbi e. pronkstõbi).

G o n o g e e n s e i k s e. s u g u t e k k e s i k s sisenõristuselundeiks on asjaomased sugunäärmete osad. Need osad soetavad nn. s e k s u a a l h o r m o o n e e. s u g u - ä r r i t i n õ r e s i d. Seksuaalhormoonid võimaldavad suguelundite normaalset arenemist ja talitlusi, samuti ka kehalisi ja hingelisi tunnuseid, mis sugupooli iseloomustavad.

Munasarjast on eraldatud 2 hormooni: f o l l i k u l i i n ja l u t i i n.

F o l l i k u l i i n e. f o l l i i k u l h o r m o o n e. (munaraku) n ä ä p s u ä r r i t i n õ r e tekib munasarjas perioodiliselt. Ta põhjustab m e n s t r u a t s i o o n i e. k u u p u h a s t u s e korrapärasust ja valmistab ette emaka limaskesta seemendatud muna vastuvõtuks. Follikuliini kutsutakse ka ö s t r i i n i k s.

Kui follikuliini süstitakse noorile isaloomile, takistab see nende suguelundite arenemist. Täiskasvanud isaloomal võivad suured follikuliini-annused hävitada seemnerakud ja liigselt välja arendada nisanibud, tekitades seega isaloomal emalooma tunnuseid.

Lutiini- e. kollakeha- (*corpus luteum*) hormooni soetab kollakeha, mis tekib munasarjas Graafi folliikulist e. nääpsust, siis, kui folliikulist vabanev muna seemendatakse ja hakkab arenema. Lutiin loob tingimusi seemendatud muna paigaldumiseks emaka limaskestal ja võimaldab raskejalgsuse (graviidsuse) normaalset käiku. Lutiin kannab ka progestiini nime.

On kindlaks tehtud, et munasarja hormoonid oma tekkeks vajavad virgutust hüpofüüsi eessagara hormoonide (prolaanide A ja B) poolt. Seega sõltub munasarja hormonaalne tegevus ajuripatsist.

Kui emaloom enne suguküpseks saamist kastreeritakse e. kohitsetakse (s. o. kui ta munasarjad eemaldatakse), siis ei arene tal emaloomadele eriomaseid tunnuseid. Suguelundid jäävad kiduraks, kuna loom ise kasvab ülemäära suureks (eunuhhoidne gigantism e. kohitsuslik hiidsus). Täisealisel naisterahval põhjustab kastratsioon menstruatsiooni ärajäämist ja muude suguelundite jädendumist.

Seemnesarjas avastatud hormoon testikuliin e. testiikulhormoon e. munandi ärritinõre põhjustab isaloomadele omaseid kehalisi ja hingelisi tunnuseid, kõhrest toeseosade normaalset luustumist ning ainevahetuse korrapärast toimet. Testikuliini nimetatakse ka androsterooniks.

Kui kastreeritakse noor, veel mitte suguküps isaloom, ei arene tal välja ta sugu iseloomustavad tunnused. Nii ei toimu imetajail vajalikke muutusi kõri ehituses ja täisealiseks kujunedes jääb ta hääl peeneks (eunuhhide e. kohimeeste kõrge hääl). Et pikkade luude otsad luustuvad liiga aeglaselt, kasvavad nad ülemäära pikaks (eunuhhoidne gigantism). Hüpofüüs suureneb ja harknäärmega ei toimu imetajail normaalset taandarengut. Ka kuhjub nahaaluses ja mujal liigset rasvkudet, looma muutudes paksuks.

Suguküpsel isaloomal põhjustab kastratsioon sigituselundite kängumist ja liigset rasvkoe arengut.

Küsimuses, millised sugunäärme (munasarja, seemnesarja) osad nõristavad suguhormoone, puudub täielik selgus. Ühed peavad seksuaalhormoonide soetajaiks sugurakke (mune, seemneniite), teised mune munasarjas ümbritsevaid nääpsu-(folliikuli-)rakke ja seemneniite toetavaid jalgrakke, mõned jälle nn. interstitsiaalseid rakke e. vahemikurakke, mis asetsevad sugunäärmeis väljaspool munanääpse ja seemnekanalikesi (torukesi, milles tekivad seemneniidid). Kõige enam poolehoidu leiab viimane oletus.

OSKUSSÕNADE REGISTER.

aafrika kopskala 47
aatomid 31
abdoomen 223
abduktorid 253
abiogenees 31
abomasus 348
Abraxas 142
abüssaal 10,44
Acanthometron 245
Actinosphaerium 89
adaptatsioon 9
adduktorid 253
adekvaatne ärritus 260
adsorptsioon 377
aedtigu 42
aerjalalised (vähjad) 48
aerliistak 177
agameet 111, 388
agamogoonia 101
agamont 113
agglutinatsioon 158
agglutiniin 158
agregaat-olek 67
ahven 47
ainevahetus, 15, 23, 92, 223
ainuraksed vetikad 24
ainutoidulised loomad 39
ainuõõssed loomad 239
aisting 260, 312
aistingu kvaliteet 262
aistingu modaliteet 262
ajateadus 10
ajukelme 322
ajukolju 242
ajukäbi 427
ajuripats 428
ajusõba 328
ajuvatsake 322
ajuvooderdis 196, 319
aklimatisatsioon 44
— kaudne 43
— otsene 43
akommodatsioon 295
akromegaalia 429
akrosoom 88
aksolotl 420
akson 210
aksopoodne liikumine 243
aktsessoorsed elemendid 62
aktsioonivool 246
akustilised elundid 279
alamliik 10, 11
algloomad 24, 28, 48
algolend 30
algussool 345
Alleni hüpotees 36
alpi ümiseja 45
Altmann 34
aluselembesed loomad 41
aluskehake 91, 177
aluskile 280
alusnahk 234
alustera 91, 95, 243
Amblystoma mexicanum 420
amfiaster 128
amfidiskus 50
amfinukleus 77
amfipüreniin 75
amiinohapped 27, 337
amitoos 126, 137
ammoniaagiühend 23
ammoniaak 23
ampullid 274
Amoeba binucleata 107
Amoeba minuta 110
Amoeba proteus 107
amööbjas liikumine 28
amülaas 338, 349
amüloplastid 55
amülopsiin 365
anabioos 47
anaeroobid 39
anafaas 126, 133
anaksoonne 215
analoogsed elundid 8, 228
analüüs 6, 26

analüütik 23
anatoomia 6
angeruslased 47
animaalne elundkond 229
animaalne närvisüsteem 330
anisogaamia 388
anisogameet 104
anisotroopsed submikroonid 61
anoksübiootne muutumine 248
antenninääre 382
Anthea cereus 25
antiapikaalne 216
antikeha 156
antimeer 215
androsteroon 432
aordijuur 374
Aphis 397
apikaalne naba 216
apokriinne nääre 183
apolaarsed neuroblastid 214
apositsioonikimäär 150
apositsioonisilmad 299
apparatus genitalis 385
apteegikaan 402
Arca 198
Arcella 89
archicerebrum 317, 367
Arctomys marmota 45
area centralis 295
areaal 10
arenemisfüsioloogia 8
arenemiskorraldusvõime 19
arenemismehaanika 8
arenemisõpetus 11
Argynnis paphia 416
arhenkeefalon 321
arhigoonia 31
arhipallium 329
arhiplasma 129
aristootelese latern 241
Aristoteles 33
Arrhenius 31
arstiteaduslik zooloogia 12
arteerid 367
artefakt 76
Arthrobotrys oligospora 26
Ascaris megalocephala 141
„ „ bivalens
„ „ univalens
Asellus 42
Aspredo 412
assimilatsioon 92
assotsiatiivsed närvirakud 212
assotsiatsiooni närvikiud 313
aster 79
astmendatud mitmekesisus 21
astrosfäär 128
astrotsüüdid 196
asümmeetria 220
atraktsioonisfäär 79
atrium 370
atsidofiilsed loomad 41
augmentatiivselt homoloogne 228
autofekundatsioon 106
autokromosoomid 142
autonoomne liikumine 244
autoregulatsioon 71
autosoomid 142
autökoloogia 9
avarasoojane loom 43
avatoruneer 381

baasikromatiiniterad 77
bakterid 27
Ballowitz 86
basaalganglion 328
basaalkehake 243
basaal-lamell 160, 179
basaaltera 56, 91, 95
basikromatiin 127
basilaarmembraan 280
Bathybius haeckeli 33
batonetid 86
batrahholoogia 12
batüüb 33
Benda 84
Bensley 87
Bernard, Claude 49
bilateraalne 215
bioblast 34
biodünaamika 8
biofoor 34
biogeenne element 14, 62
biohhoor 10
biokeemia 8
bioloogia 5, 9
bion 14, 146
bionoomia 9, 10
biosfäär 10
biotoop 9
biotsükl 10
bipolaarne 210
biradiaalne 215, 219
Bithynia thermalis 41
blastomeer 144
blastopoor 230
blastotsööl 229
blastula 229
blefaroplast 56, 95
Bonellia viridis 25, 415
botaanika 5
Boveri 77, 93
Bowmani kihn 385
Brachionus urceolaris 41

Branchipus 419
bronhioolid 362
Browni molekulaarliikumine 70, 75
Brunneri näärmed 310
bukaalsed tängud 316
Bütschli 58, 59

Cahal 87
canalis centralis 319
canalis gynaecophorus 406
caput 222
Carrel 156
cavum oris 346
Cecidomyidae 421
cerebellum 322
cerebrum 321
Cestodes 400
Chilomonas 97
Chondracanthus gibbosus 415
chorda dorsalis 193, 240, 242
Cicada 417
Clathrulina elegans 217
cochlea 279
coecum 350
Cohnheimi väljad 205
collum 223
columna vertebralis 242
columnae 319
conjunctiva 157
corpora pedunculata 317
corpus luteum 428
corpus vitreum 290
costae 242
cranium 242
Crenilabrus 136
cristae acusticae 272
Cryptomonas 114
cupula terminalis 274
Cyclops 138, 397
Cymothoidea 404
Cyprinidae 419

Dallinger 44
Daphnia 412
defektiivselt homoloogne elund 228
definitiivne elund 225
defleks 309
dekrement 259, 302
dekstroos 27, 350
dendriit 210, 303
dentiin 192
deskriptiivne anatoomia 7
Desmodium gyrans 28
desmolaasid 66, 67
destsendentsiteooria 11
deuterenkeefalon 321
deutotseerebrum 317, 318
diafragma 363
diapedees 200
diaster 138
diastool 366
dienkeefalon 321
difusioon 352
difuusne närvisüsteem 302, 330
digestioon 337
diktüokinees 88
diktüosoom 86
dinoflagellaadid 25
Dionea muscipula 26
dioptriline aparaat 287
diplosoom 78
Diplozoon paradoxum 404
Diporpa 404
dispireem 135
dissepiment 232
dissimilatsioon 92
dissogoonia 420
Dixippus morosus 237
Dogiel 119
Drosera 26
Drosophila melanogaster 411
Dubois 45
ductuli alveolares 363
ductus ejaculatorius 394, 402
Duisberg 84
duodenum 349
dünaamiline tasakaaluolek 15
Dytiscus marginalis 419

ebahermafroditism 409
ebasümmeetria 220
ebatuumalaju 86
Ebeling 156
Echidna 414
edestajad 253
eelisasus 106
eel-kaudpooldumine 137
eelmagu 345
eeltuumalaju 126
eemaldajad 253
eesaju 321
eesnääre 402
eesvööde 242
eeter 28
efektor 164, 301
efippium e. rübi 49
ekskreet 180, 378
ekskretsioon 378
eksoskeleton 242
eksoskelett 178
ekspansioon 245
eksperimentaalne analüüs
„ morfoloogia 7
ekspiratsioon 355

eksplantatsioon 153
ekstensorid 253
eksterjööriõpetus 6
eksterotseptiivsed erutused 258
eksterotseptiivsed refleksid 310
ektoderm 160, 230, 233
ektoplasma 107, 116, 233
ekvatoriaalplaat 129
elektrijõud 23
elektroonid 84
elementaarorganism 14, 34
eluase 9
elundid 14, 227
elundiline isend 13
elundiõpetus 6
elundkoetis 14, 225
elundkond 229
eluruum 10
eluseadluste õpetus 9
elusollus 14
elutava 9
elutekitav element 14
elutingimuse miinimum 37
„ optimum 36
„ pessimum 37
elutingimuste õpetus 5, 9
eluviis 9
eluviiside õpetus 5, 9
eluühisus 9
email 180
emakas 393
emakiht 234
emakook 397
emapinnas 175, 178
embrüoloogia 6
emitent 207, 210
empiiriline fülogeenia 11
encephalon 319
endokriinsed näärmed 301, 422
endolümf 274
endoskeleton 242
energia, kineetiline 23
„ potentsiaalne 23
energiavahetus 15, 233
eneseseemendamine 106
Engelmanni lisakettad 203
engramm 259, 312
enküleem 77, 59
ensüümid 66, 92, 337
enterokinaas 350
Entocolax 406
entoderm 160, 230
entomoloogia 12
Entomoscelis adonidis 46
Entoniscus 406
entoplasma 107
entsüsteerumine 48
eos 31
eostumine 27
ependüüm 196, 319, 322
Epicarida 406
epidermis 234
epidermsed silmad 287, 289
epifüüs 427
epiphysis cerebri 427
epiteel 163, 172
epiteelkehake 425
erepsiin 350
erguühiku-moodustaja 214
erifüsioloogia 8
erikaal 67
erikeha 86
erikşeiglane 104
erilised elutingimused 9
erinabaline peatelg 216
erizooloogia 12
eritis 180, 378
eritlus 6
eritus 92, 110, 117
erituselundkond 229, 377
eriväärne 222
erutuslaine 212
erütroblast 197
erütrofoorid 195, 236
erütrotsüüt 197
esik 280
esikuastrik 280
esmane kehaõõnis 231
esteraasid 338
etoloogia 5, 9
Eudorina elegans 102
Euglena 29, 97
eurühügrilised loomad 38
eurüioonsed loomad 41
eurütermne loom 43
eurüööksed e. eurütoopsed loomad 37
everssed nägemisrakud 287
evolutsiooniteooria 11, 20

fagotsütoos 165
fagotsüüdid 200
familia 11
faosoom 285
fasciculi 320
Fasciola hepatica 421
faunistiline loomageograafia 10
fel 350
fenestra ovalis 280
fenestra rotunda 280
fenotüüp 18
fermendid 66, 92
fibriin 200
fibrinogeen 200

fibrotsüüdid 185
Fischer, E. 60
flagell 95, 165
flagellaadid 25
flagelloidne liikumine 28
flagellospoor 99
fleksorid 253
Flemming 57, 135
folliikulhormoon 431
follikuliin 431
fosfaadid 34. 40
fosfatiid 15
fossiil 6
fotoretseptorid 285
fovea centralis 295
Friedenthal 157
Frommann'i jooned 213
Fundulus 142
fundus 346
funiculus 50, 320
funikulaarsed närvirakud 307
fülogeenia 5, 11
füsikaalne ärritus 15
füsioloogia 5, 7
füsioloogiline keemia 8
füsioloogiline ühik 34

gaasivakuool 108
Gallardo hüpotees 137
gameet 99, 111
gamogoonia 101, 111
gamont 111, 112, 113
ganglionirakud 164, 302
ganglion spinale 320
garnituur 130
Gasterosteus aculeatus 414
gastraalõõs 160, 365
gastrotsööl 230, 334
gastrovaskulaarne süsteem 230, 342, 365
gastrula 230, 233, 334
geen 17
gel-seisund 243
gemmatsioon 121
gemmulid 50
geneetika 5, 8
geneetiline loomageograafia 10
genealoogiline 11
generaalhomoloogsed elundid 227
generatio spontanea 22
genotüüp 17
genus 11
geograafiline rass 10
Gerassimov 93
germinaalepiteel 389
Gibbs'i adsorptsiooniseadus 71
Giersberg 60
gigantism 429, 432
glandula adrenalis 430
„ pinealis 427
„ thymus 182, 346, 426
„ thyreoidea 182, 346, 425
glandulae interrenales 430
„ parathyreoideae 346
„ salivales 344
„ suprarenales 430
„ testae 400
globiin 352
glutiin 185
glükogeen 25, 202, 247, 350
glütseriin 27
Glypeastrida 221
Goldschmidt 90
Golgi aparaat 54, 55
gonaadid 389
gonadotroopne hormoon 428
Gonium pectorale 98
gonoduktid 393
gonohhorism 103, 166, 388
gonoteel 389
gonotsüüt 166, 387
Gottus gobio 415
Graafi folliikul 391
gravitatsioonimeele-elundid 276
guaniin 379
guanofoorid 236
Gurvitsch 60
günander 409
gyri 326

haarlad 241
haarmekõhr 241
haava-ärritinõred 136
haabituseõpetus 6
Haberland 29
Hacker 139
Haeckel 230
haistel 263
haistmiselundid 263
haistmispungad 264
haistmissagarad 321, 327, 328
hajus faas 86
hallitusseened 26
hallollus 322
halobiondid 40
halofiilsed loomad 40
halofoobsed loomad 40
hambaluu 192
hapnik 14, 38
happelembesed loomad 41
harknääre 346, 425
haru 11
haug 47
Haversi kanalid 189

Hedysarum gyrans 28
Heidenhain 34
heinaleotis 33
heinaritsikas 25
Heitzmann 58
heksoksüdaasid 337
helenduselundid 417
heledusnägemine 287
helicotrema 280
helilained 279
Helix pomatia 399
helmeselundid 419
Helmholtz 30
helmintoloogia 12
hemisfäär 328
hemoglobiin 26, 197
hemolüsiin 156
hemolüüs 156
hemotsüaniin 198, 352
hemotsüüdid 365
Henseni vaheketas 203
hepar 345, 349
herbivoorsed loomad 39
hereditaablus 4
hermafrodiit 105, 106
hermafroditism 398, 407
protandriline 404
protogüüniline 404
hermafroditismus spurius 409
„ verus 409
herpetoloogia 12
Hertwig 34, 89, 94
heterokromosoom 142
heteropoolne peatelg 216
hiidsus 429, 432
hiivutatud esinemisjärk 69
hingamine 39
hingamiselundkond 229, 351
hingamisepiteel 174, 363
hingeavad 356
Hippocampus 413
histoloogia 6,160
histooriline loomageograafia 10
Hofmeisteri rida 72
holistlik hüpotees 13
Holmgren 84, 87
holokriinne nääre 183
homodünaamilised elundid 227
homoloogsed elundid 7, 225, 226
homonoomsed elundid 227
homopoolsed teljed 215
homotüübilised elundid 227
homöotermsed loomad 43, 46
hormoonid 169, 182, 301, 423
hulgitera 78
hulgulinnud 51
huulhein 26
Huxley 33
hõimkond 11
hõõrel 241
hüaloplasma 57, 58, 59
hüdra 160
hüdrofiilsed loomad 38
hüdrolaasid 66, 337
hüdropolüübid 27
hüpergenitalism 426
hüperglükeemia 427
hüpertooniline lahus 73
hüpodermis 178, 234
hüpofüsiin 429
hüpofüüs 428
hüpoglükeemiline šokk 427
hüpostoom 160
hüübekeralane 102
hüüfid 26
Hyla goeldi 413
hypophysis 182

idioblast 34
idiokromosoom 142
idiosoom 79, 88
Idothea entomon 25
idutsemisrada 146
ihtüoloogia 12
iidelooma suhtumisõpetus 9
iideloomateadus 6, 9
iidisajusõba 329
iiris 293
ikekehakesed, leherohelise 55, 9
ilmastumine 44
ilmetüüp 18
imemisrakud 22
imendumine 340
imetaja 38
imetajateadus 12
imikloomad 121
imitatoorselt metameersed elundid 228
inadekvaatne ärritus 260
individualiteet 13
indiviid 13
infantilism 427
infrafarüngeaalne tängupaar 316
infusoorid 25, 33, 42, 44, 47
ingluvies 344, 345
inkompleetselt homoloogsed 228
inkreet 182, 237
inkreetsd näärmed 422
innaaeg 395
inspiratsioon 385
instinkt 311, 414
insuliin 427
integratsioon 171
intensiivne ehitus 22

interfaas 136
interkurrentne erutus 309
intermediin 429
interraadiused 217
interseksid 407, 409
interseksuaalsus 409
intertsellulaarsubstants 169
intestinum tenue 349
intramolekulaarne hapnik 34
intratsellulaarsed närvikiud 305
inverssed nägemisrakud 293
ioonide antagonism 40
ioonide kontsentratsioon 41
iridotsüüt 236
irregulatoorne liikumne 245
irreversibiilne elutalitlus 16
irritaablus 16
isend 13
isendiareng 17
isendilisus 13
isendilooline 6
isendilugu 6
iseseemendus 402
isetekkimisteooria 32
isogaamia 101, 111, 388
isogameet 99, 113
isohemagglutiniinid 158
isotooniline lahus 73

Jacobsoni elund 226
jahizooloogia 13
jahuuss 38
jalus 280
juuretipud 29
juurjalgsed 41, 47
jõhvlane 415
jõumeele-elund 270
järeleaimavalt samandilised elundid 228
järelaju 321
jääliblikas 416

kaasharu 210
kabiloomad 25
kahenabaline närvirakk 210
kahepaiksed 38, 46
kaksikkettad 50
kaksiklane 404
kaksiktera 78
kaksiktuumake 77
kaksiktäht 128
kaksteistsõrmiksool 349
kalad 40, 41, 43, 46
kameeleon 235
kangestuskramp 246
kannleht 26
kapillaarsusseadus I, II, III 68
karbohüdraasid 337
kardia 348
kardinaalpunktid 37
kardinaalveenid 374
karikloode 232, 336
karikmeduus 167
karnivoorid 40
karotiinid 195, 236
karüogenees 134
karüokinees 83, 125, 126
karüokineetiline figuur 138
karüolümf 76, 77
karüomeerid 77, 134
karüomitoom 76
karüoplasma 55
karüosoom 77
karüoteek 75
kasvamisnui 214
kataleptiline seisund 247
katalüsaator 62
katalüütiline element 63
katekude 163
katis 234
kattumissilmad 300
katuskile 280
kaudpooldumine 83
kavastusõpetus 5
keeliku-kuulmeelundid 270
keemiline meeleelund 263
keerdviburlane 95
keeritsniit 357
keerustik 273
kefaalne sool 346
keharinge 370
kehaõõnis 229, 231
Kelvin, lord 30
kepikesepiteel 178
kepikespintslid 285
kepikesservis 340
kerapihud 82
keratiin 179
keremetameer 222
keresool 346
kerilane 104
keriloomad 26, 28, 42, 43, 47
kemoretseptorid 263
keskaju 321, 326
keskkihn 86
keskleht 166, 232
kesklohk 296
keskmeaparaat 78
keskmekatis 86
keskmekehake 55, 78, 128
keskmekorv 86
keskmekääv 128
keskmenide 80
keskmetera 78

keskmetoes 242
kesksool 346, 349
keskväli 296
kest 21
kiiritusfiguur 80
kiirkera 79
kiirkond 79
kiirväät 314
kilpnääre 425
kinesteetilised meele-elundid 270
kingloom 114, 397
kinnistusrakk 272
kinnistäht 32
kinoplasma 129, 177, 243
kinotsentrum 91
kirjeldav anatoomia 7
kitiin 26, 61, 179
kitiinharjas 268
kitsasoojased loomad 43
kittollus 175
kiudharu 210, 303
kiudkõhr 187
kiudpihud 82
kivimid 32
kivisisalik 418
kivitisepiteel 174
klaaskeha 290
klaaskeharakk 298
klaaskõhr 187
klaasplasma 57, 58, 59
klass 11, 21
klassifikatsioon 11
kloaak 351
kloriidid 39, 40
kloroform 28
klorofüll 22, 25
kloroplastid 55, 92
knidotsiil 163
kobarloode 229
kobarviburlane 99
kobijad 394
Koch, Robert 33
koda 239, 370
koekultuur 183
koemahla sooned 22
koepinge 233
koetis 14
koeõpetus 6, 160
kogukromosoom 145
kohaldane ärritus 260
kohastumine 9
kohlea 274
kokkuhoiuprintsiip 37
kokkuliimumine 158
kokkupuuteteooria 212
kokkutõmme 246
koksaalnääre 383
kolju 242
kollageenfibrill 61
kollakeha 391, 428
kollarakud 236
kollateraal 210
kollikud 24
kolloidlahus 15, 37
kolloidsüsteem 14, 60
koloonia 121
kombitsad 27, 160
komissuraalsed närvirakud 307
komparatsioon 6
kompimiskehakesed 268
kompimis(meele)-elundid 267
kompleetselt homoloogsed elundid 228
komplekssilmad 297
kondriokinees 83
kondriomiit 82
kondriosfäärid 82
konduktsioon 259
konhioliin 179
konjugatsioon 122
konkrement-kehake 378
konn 38, 46
konnakulles 38
konnektiivsed närvirakud 307
kontaktiteooria 212
kontinuiteediteooria 212, 302
kontraktsioonifaas 245
konstantne elund 235
konuvagel 424
konvergents 19, 293
koordinatsioon 21
koordinatsiooni-närvitsentrumid 313, 319
koordineeritud refleksid 310
koorend 233
koorik 240
koorikunääre 382
koorium 234
koorkest 178
koorollus 431
kooselu 24
kopsud 346
kopsuringe 374
kopsusoolekoopa-epiteel 174
korallid 27
kordmagu 348
kordolemm 240
kordotonaalsed elundid 270
korjuneer 378
kornea 289
koroloogia 5, 10
korrastus, looma 13
kortielund 279
kortiin 431

kortikanal 280
kosmozoade teooria 30
kostang 259
kottvähk 24
Krause lõppkolvikesed 285
Krause ristjoon 203
kretinism 425
kristallkuhik 298
krokodillid 47
kromatiin 143
kromatofoor 25, 55, 235
kromatoplast 97
kromiidid 84, 88, 90
kromomeer 128, 140
kromosoom 61, 78, 127, 140, 141, 142
kromotsüüdid 196, 363
kronoloogia 5, 10
ksantofoor 195, 236
kserofiilsed loomad 38
kuhikkeha 272
kuivuslembesed loomad 38
kujulane 14, 146
kujuvahetus 16
kujuõpetus 5, 6
kuldkerilane 106
kulendepiteel 176
kulendid 28, 59, 95, 108, 243
kulglad 313, 320
kummik 167
kuningakübar 348
Kupfer 57
kuplad 274
kusejuha 383
kusepõis 381
kusinik 26, 350
kutiikula 178, 233
kuulmeesik 274
kuulmekivike 279
kuulmekotike 274
kuulmekotikesetähn 278
kuulmeliiv 279
kuulmemõigutähn 278
kuulmemõik 274
kuulmenäsa 279
kuulme-sisevedelik 274
kuulmetulbake 280
kuulmiselundid 279
kuulmisharjad 272, 274, 283
kuulmismeelerakud 279
kuupepiteel 174
kõhrekehake 187
kõhreümbris 188
kõhrkude 187
kõhuaju 316
kõhunääre 345, 349
kõigesööjad loomad 40
kõigetoidulised loomad 40
kõiguioonsed loomad 41
kõiguniiskuselised loomad 38
kõigusoojased loomad 39, 43, 46
kõikjalseemnesusteooria 30
kõlapõied 417
kõlguti 167
kõri 361
kõrilõõr 361
kõrvalsarnikud 223
kõrvaltelg 219
kõrvekapslid 162
kõrvetid 162
kõrvetirakud 162
kõrvusarniksus 217
kõrvutuskimäärid 150
kõrvutussilmad 299
kännis 13
kärbselõks 26
kärgkonn 413
kärsskidalane 25, 415
kärssussid 47
käsijalgsed 27
käsnad 24, 27
käsnollus 189, 241
käsnplasma 58
kääbusus 429
käärollused 66, 337
köidik 50
köisredelnärvkond 316
kübarrakk 272, 283
kühmiklane 415
külgeimendumine 377
küljejoone-elundid 272, 273
külmakangestus 42
külmalembesed loomad 43
külmaveresed loomad 39
külmusaisting 284
külmvöötme-loomad 46
kürbjalad 394
küülus-sool 345, 350
küüsikloomad 38

laatrakustik 75
labürint 273
Lacerta agilis 418
lageena 274
lagena 279
lahastamisõpetus 6
lahkaste 133
lahksugulisus 103, 106, 166
lahusõõssed loomad 230
laiapaigalised 37
lamellisüsteem 190
lammutusaste 92
Lampyris splendida 419
larvaalne elund 225, 226

larynx 361
Lebedev 31
Leeuwenhoek 33
lehekarvakesed 29
leheroheline 22, 25
lehesööja 46
lehetäilane 397
lehtmagu 348
lehtnäsa 266
lehtsarv 25
lehvikkopsud 360
lehviktiiblane 419
Leidig 58
lens 288, 289
Lepidosiren 415
Leptochelia dubia 420
lestepiteel 174
Leukart 33
leukofoorid 195
leukotsüüdid 28, 198, 199, 200
levila 10
levimisvahendid 48
levimisõpetus 10
libeleht 26
libemagu 348
liblikad 47
liblikõislased 23
Lieberkühni näärmed 350
lihased
„ laiad e. lapikud 253
„ lühikesed „
„ piklikümmarad „
lihasekõht 253
lihasepea 253
lihasesaba 253
lihaskiukesed 61, 245
lihaskiutupp 205
lihaskond 28, 229
lihaskude 172, 200
lihasplasma 202
lihatoidulised loomad 40
liigutamiskeskmed 301
liik 11, 20
liikumine 15
liikumiselundid,
ajutised 244
püsivad 244
liikumiselundkond 242
liikumisriistad 415
liikumistundelised meele-elundid 270
liistakviburlane 98
liit- e. fassettsilmad 297
liitleht 28
liit-refleksikaar 165
liittuum 122
liivasööjad 336
limaseened 25
limaskest 351
limaskiht 234
limused 38
limuseteadus 12
liniin 76, 77, 128
linnud 38
linnuteadus 12
lipaasid 337, 349
lipofoor 230
lipoid 15, 65
liquor folliculi 390
lisakehake 113
lisa-kilpnäärmed 425
litoraal 10
litostüülid 277
lobi 326
lobi olfactorii 321
lohksilmad 289
loimurid 28, 43, 47
lokomotsioon 243
lont 31
looduslik süsteem 12
looduslik valik 20
loomade rändamine 50
loomaline tärklis 26
loomapsühholoogia 9
loomik 13
lootelugu 6
lorica
Lucanus 415
lukutimõigud 345
lutiin 432
lutsiferaas 418
lutsiferiin 418
luuhävitusrakud 191
luukehake 190
luukilbis 242
luukude 188
luukõhr 188
luumoodustusrakud 191
luusoomus 242
luuõõs 189
luuümbris 189
lõhnasoomused 416
lõhustussigimine 110
lõigustumine 229
lõigustumisõõnis 230
lõimetishooldus 412
lõppaste 126, 134
lõppkotike 382
lõppkupal 274
lõppsool 346
lõpused 354
lõpuskotid 346, 353
lõpuspilud 346, 355
lämmastikupisilane 27
lääts 288

läätskaamerasilm 293
läätsotsellid 290
läätspung 50
lümf 175
lümfinäärmed 376
lümfisoonestik 372
lümfotsüüt 186, 198, 376
lüotroopne rida 72
Lycaenidae 416
Lymantria 411

maailma-eluidukeste teooria 29
Macrobiotus conifer 48
macula lagenae 279
„ sacculi 278
„ utriculi 278
madunõel 412
mahlakehakesed 198
mahlasoonestik 376
maismaakaanid 38
maismaakakandilised 38
maitsmiselund 265
maitsmiskarvakesed 265
maitsmispungad 265
makrogameet 101
makrokromosoom 132
makronukleus 117
makrosmaatsed loomad 265
maks 345, 349
maksakakssuulane 421
maksarakud 25
maksavärati-süsteem 375
maksillaarnääre 382
malakoloogia 12
Malpigh'i kehake 385
„ kiht 234
„ mõigud 383
„ sooned 345
maltaas 350
maltoos 350
mammaloloogia 12
mammut 31
mantel 240
mantelloomad 25
mantlikiukesed 134
manubrium 167
maolävis 348
maosoole-õõnis 230
Mastigamoeba 96
matrix 175, 178
Maxwell 31
meditsiiniline zooloogia 12
medulla oblongata 321
medulla spinalis 319
meduusid 38, 167
meeleelundkond 229
meelenärvikiud 305
meelenärvirakk 272
meelepungad 262
meeleriistad 23
meelkond 22
mehaanilised meeleelundid 266
mehhanistlik hüpotees 13
melaniin 195
melanofoor 195, 236
mendelism 12
Menidia 143
merihobu 413
merinõel 412
merokriinne nääre 163
merotoomiline meetod 90
mesenhüüm 167, 230
mesenkeefalon 321
mesenterium 233
mesenteron 343
mesepiteel 232
mesoderm 166, 168, 232
mesoglöa 160, 230
mesonefros 383
mesoteelium 167
metafaas 126
metagenees 113
metameeria 222
metanefriid 381
metanefros 383, 385
metazoa 162
metenkeefalon 321
meteoorid 30
metsazooloogia 13
metüleensinine 29
Microtus arvalis 398
migratoorne tuum 122
mikrogameet 101, 388
mikrohüdra 162
mikrokromosoom 132
mikronukleus 117
mikroobid 33
mikroskoobiline anatoomia 7
mikrosmaatsed loomad 265
mikrosoom 57, 84
mikrotsentrum 78
miljöö 9
miljööfaktorid 34
millimallikas 167
Milne-Edwards 33
mimoosid 28
mineraalained 27
mineraalid 32
mitmesuulane 402
mitmetoidulised loomad 40
mitokondrid 82, 182
mitoos 126
mitsellid 61, 72
mneme 312

molekuli kaal 63
Mollison 157
monaster 129
monofaagsed loomad 39
moorula 229
morfoloogia 5, 6
morfon 14, 146
Moschus moschiferus 416
munaaste 229
munanääps 390
munasari 401
muneti 412
musculus 245
musklimeele-elund 270
musklitoon 247
muskushirv 416
musterakk 236
mustpiige 174, 321
muundumisõpetus 11
muutlikkus 9
muutlikkusõpetus 5
mädanemispisilased 44
mäger 46
mähisrakk 272
mälu 312
mälumismagu 345
mälund 312
märslased 416
määramistabel 12
Möbius 33
müelenkeefalon 321
müeliintupp 213
mügarbakterid 23
müofaan 295
müofibrill 61, 163, 201
müokommid 203
müomeer 245
müomitsellid 203
müoneem 117
müosiin 203
Myzostoma 406
Myxine 414
Myxomycetes 25

nahand 57, 96, 114
nahkhiired 46
nahkkond 229
nahklihasmõik 234
nannism 429
Nautilus 292
neel 346
neerulähine nääre 430
nefriidid 380
nefrostoom 384
negatiivne taksis 97
neitsisigimine 17
nekrohormoonid 136
nematoblastid 162
nematotsüst 162
Nemeč 29
neopallium 329
neoteenia 420
Nepenthes 26
Nerophis 412
neuriit 210, 304
neurilemm 213
neuripileem 196, 306
neuroblast 212, 214, 301
neurocranium 242
neuroepiteel 178, 260
neurofaan 117, 301
neurofibrill 208, 302
neuroglia 196
neurokeratiin 213
neuroküüm 212, 304
neuromast 272
neuron 205, 302
neuroniteooria 212
neuroplasma 208
nervi spinales 320
niiskuslembesed loomad 38
niitkera 126
niitrakud 26
ninaaju 321
Nissli kambad 208, 209
nitraadid 23
nitriidid 23
nookpaeluss 398
Notodelphys ovipara 413
Nototrema marsupiatum 413
nugiline 97, 106
nugiliseteadus 12
nutritoorne vakuool 107
Nuttal 157
nõre 180
nõreteke 88, 92
nõretera 182
nägelake 285
nägemiselundid 285
nägemiskepike 285
„ kolvike „
„ purpur 286
„ rakud 285
„ varb „
„ varvake „
näokolju 242
närilised 45
närvierutus 245
närvikeskmed 165
närvikiud 303
närvikude 172, 205
närvilaine 304
närvirakk 22
närvisüsteem 301

närvitsentrumid 165, 302, 322
närviturb 196
närvivilt 196
närviühik 212
närviühiku moodustajad 302
närvkond 229, 301
nääpsurakud 390
näärmed 22, 180
nürihaistlejad 264

Oeneis norna 416
oesophagus 345, 346
oftalmenkeefalon 321
ogalik 414
ogapäralased 25
oherdkarp 418
okasnahksed 24
okkad 241
oksühemoglobiin 353
oksühemotsüaniin 353
oksükromatiiniterad 77, 128
olendite suhtumise õpetus 5, 9
ommatiid 298
omnivoorid 40
ontogenees 6, 17
ookeanide süvik 23
ootüüp 401
Ophryoscolecidae 25
ordo 4
orgaanilised happed 27
organ 14
organa excretionis 377
organa locomotionis 242
organa nutritionis 333
organell 14
organisatsioon 13
organograafia 6
organoloogia 6, 225
organstruktuurid 225
ornitoloogia 12
ortogenees 20
osaline iseseisvus, olese 13
osfraadium 263
osmiumhape 83
osmootiline omadus 73
osmootne rõhk 40
osteoblastid 191
osteoklastid 191, 193
ostia 368
otokoonia 279
otsaju 321
otseteke 20
otsmikusilmad 291
otspuuke 210
otstarbekohasus 19
ovaalne aken 280
ovipostor 412
ovoduktid 393
ovulatsioon 391

paaterpihud 82
paelussid 24, 33
pahksääsklane 421
paigalinnud 52
paika kirjeldav anatoomia 7
painutajad 253
paiskejuha 394
paleobioloogia 9
paleozooloogia 6, 9
pallium 328
palvetaja 25
pancreas 345, 349
Pandorina morum 99
panspermiateooria 30
panusrakud 347
papilla basilaris lagenae 279
papillae fungiformes 266
parabronhhused 362
Paramaecium 397
Paramaecium aurelia 67, 117, 120
„ bursaria 120
„ caudatum 114, 117
parameer 218
paramitoom 58
paramüül 97
parasiit 12
parasitoloogia 12
parasvöötmeloomad 46
parietaalsed tängud 315, 316
pars basilaris lagenae 279
partenogenees 17
partenogoniid 105
partsiaalne rõhk 43
Pasteur 33
paunkonn 413
peaaju tängud 314
peakiired 217
peakõhr 241
pearakud 346
peatelg 222
pedaalganglion 315
pedogenees 421
peenkoetis 14
peensool 345
peite-elu 49
pelagiaal 10
pelliikula 57, 96, 114, 233
Pelomyxa 41
Pelomyxa pallida 107
Peltogaster 24
pepsiin 346
peptiid 346
pepsinogeen 346
peptidaasid 337

perekond 11, 21
periderm 234
perikardiaalne septum 369
„ siinus 369
perikonder 188
perilümpf 280
periost 189
peripatus 397
Periplaneta orientalis 416
periplast 79
peristaltika 345
peristoom 114
peritricha 121
petrefakt 6
Pflügeri hüpotees 34
pharynx 346
Philomachus pugnax 416
Pholas dactylus 418
Phyllirhoe 417
phylum 11
Physcosoma 424
Phytodecta viminalis 45
pidevusteooria 212
pihklane 413
pigment 25
pigmentepiteel 174
pigmentkude 195
pigmentpeeker-silmakesed 288
pihukesetoidulised 334
piige 288
piimandisoon 350
piimandsool 345
piirdetoes 242
piipsuulane 413
piirväät 331
pikinideme närvirakud 307
pikiväät 314
piklik aju 322
pildinägemine 287, 297
pimesool 350
pimesoole-ripik
Pingvicula 26
pinnakatalüüs 71
pinnakile 71
Pipa americana 413
pisikese 78
pisilaju 132
pisilased 27, 42
pisiseiglane 101
pisisõmer 57, 84
pisituum 76
pituitiriin 429
placenta 397
plakoidsoomus 180
Planaria alpina 43
planeedisüsteem 31
planeetkond 30
plasmakile 57
plasmamembraan 57
plasmasillakesed 168
plasmodesmid 29, 168
plasmoodium 75
plasmosoom 34
plastiidid 83
plastiin 128
pleuraalganglion 315
plexus 321
plinkollus 189
pneumatitsiteet
poikilotermsed loomad 43, 46
polaarsed liistakud 121
polioplasma 57
polüaasid 337
polüfaagid 40
polüpeptiidid 337
polüsoom 78
Polystomum integerrimum 402
Polytoma uvella 98
porus genitalis 401
positiivne taksis 97
potentsiaalne elu 49
potentsiaalne indiviid 14
praktiline zooloogia 12
pretsipitiin 157
prevertebraalsed ganglionid 331
Preyeri teooria 31
primaarne kehaõõnis 231
primaarsed meelerakud 268
profaas 126
progestiin 432
proglotiid 400
prokromosoom 126
proktodeum 343
prolaan 428
promorfoloogia 6
promitoos 138
pronefros 383
propepsiin 346
propriotseptiivsed refleksid 309
prosekretiin 427
prosenkeefalon 321
prostata 402
prostooma 230
proteaasid 337
proteiidid
proteiinid 15
Protenor belfragei 142
proterandria 102
protist 30
protohüdra 162
protomeer 34
protonefriidid 380
protoplasma 14
Protopterus annectens 47

protozoa 162
prototseerebrum 317
prototserebraalsild 317
prototsööl 231
protraktorid 253
provisoorne elund 225
pruunkaru 46
psalterium 348, 398
pseudopood 28, 244
psührofiilsed loomad 43
psüühilised nähtused 16
Psyche helix 416
ptüaliin 344
puberteet 426
pugu 344
puitaine 21
pulmarüü 418
pulssiv vakuool 97, 99, 107, 116
punarakk 230
pungumine 121, 125, 166
purejad 336
purpurbakter 27
putkelised 24
putukad 26, 33, 38, 42, 43, 46
putukateadus 12
putuktoidulised taimed 20
puuk 420
puukonn 413
puusalülinääre 383
põdrasitikas 415
põhikujuõpetus 6
põhimiktänk 328
põhistruktuurid 225
põimik 321
põisloode 229
põislooteõõnis 230
põissilm 293
põldhiir 398
põlvnemisõpetus 11
põõsasharud 210, 302
päikeseloom 89
pärak 350
pärgkeralane 101
pärilikkus 8
pärilikkusmass 17
pärilikkustegur 18
pärilikkusõpetus 5
pärilikkusühik 17
pärlmutterliblikas 416
päsmake 383
pööratav elutalitlus 15
pöörlemismeele-elund 267
püloorus 347
pürenoid 99
püsiioonsed loomad 41
püsilane 14, 145
püsimunad 49
püsiniiskuselised loomad 38
püsipungad 49, 50
püsisoojased loomad 39, 43, 46

Quinke 58

raadiused 217
rabdomeerid 285, 291, 298
rabdoom 285, 291, 298
radiaalne 215
radix dorsalis 320
„ ventralis 320
radula 241
raig 389
rakenduszooloogia 12
raking 13
rakk 53, 55, 133
rakuelund 14
rakufüsioloogia 7
rakuhagev suund 304
„ pagev suund 304
rakukeha 14, 58, 137
rakukese 55, 78, 128, 136
rakukest 56
rakuneel 96, 116
rakupihud 55, 81, 83
rakupärak 116
rakusool 333
rakusuu 96
rakusöömlus 165
rakutugi 84
rakutuum 74, 75
rakuõpetus 6
Rana bombinator 149
„ palustris 153
ranna-ala 10
Ranvier soonistis 213
raskusmeele-elundid 267, 276
rass 12
rasv 15
rasvahapped 27
rasvand 15
rasvkude 194
raud 14
reaalne indiviid 14
reaktsioon:
aluseline 41
happeline 41
neutraalne 41
reaktsiooninorm 18
rebusari 401
rectum 345
Redi 33
refleks 164
refleside keskmed 319
refleksikaar 164, 306
refraktäärstaadium 258

regeneratsioon 93
regeneratsioonivõime 21
regnum 11
regulatsioonivõime 19
rekordprintsiip 37
Remaki kiud 214
renoperikardiaalühend 383
reoplasma 61
resorptsioon 340
respiratsioon 39
reticulum 348
retiinula 285, 298
reetina 288, 321
retraktorid 253
retseptor 164, 178, 207, 301
retsipient 207, 210
reversibiilne elutalitlus 15
Rhinoderma darvini 413
Rhizocephala 24
Rhodeus amarus 412
Richter 30
riik 11
riimveelised loomad 40
riiukukk 416
rindkorv 242
rindmik 283
rinenkeefalon 321
ringeelundkond 364
ringiline toime 16
ringsarniksus 224
ringväät 314
rinnak 242
rinnastamine 21
ripsepiteel 176, 177
ripsleek 380
ripsloomad 41
ripsmed 243
ripsmekorraldatavad loomad 245
ripsmeline epiteel 29
ripsmeline liikumine 29
ripsussid 38, 48
ristikhein 28
ristinideme-närvirakud 307
ristlusanalüüs
ristseemendus 402
rivisarniksus 222
rodopsiin 286
rohikud 24
roided 242
rombaju 321
rombenkeefalon 321
roomajad 38, 46
rudimentne elund 225, 226
rudivoole 345
Ruffini tunde-närvikiulõpp 285
rumen 348
rõhk:
  vees 43
  õhus 43
rõngussid, väheharjaselised 48
räniokis 241
rüü 239

Sabella 188
Sacculina 24
sacculus 264
sagarad 326
Sakya-Kenda 67
Salpae 404
samandiline elund 7
samasoojased loomad 43
samblafauna 43
samikseiglane 99, 111
sammalloomad 24, 27
sapipõis 349
sapp 350
saprofüüt 97
saprosiitselt toituv taim 25
sarkolemm 205
sarkoplasma 202, 205
sarnandilised elundid 8
sarnastamine 92
sarvkestlääts 289
sarvkiht 179
Saturnia 411
scala tympani 280
  „ vestibuli 280
Schmidt-Lantermann'i sälgud 213
Schultze, Max 33
Schwann 33
Schwann'i tupp 213
seadumine 295
seedefermendid 337, 338
seedekulgla 22, 231
seedimine 165, 337
seemneampullid 391
seemned (taime) 42
seemnehoidla 401
seemnejuha 385
seemneniidike 29, 245
seemnepanila 397
seemnepõis 402
seemnesari 393
seened 25
seenjad kehad 317
seganärvid 305, 321
segmentatsioon 229
segmentatsiooni õõnis 230
seiglane 99, 111
seigum 99, 111
seigumine 99
seismiline meele-elund 279
seitimine 352

sekreet 180
sekretiin 427
sekretoorsed närvikiud 305
seksuaalne dimorfism 410, 414
seksuaalne polüformism 419
sekundaarne kehaõõnis 232
selektsioon 20
selgmised keskmed 233
selgmised väädid 320
selgrootud 41
selgrootängurakk 307
seljaaju närvipaarid 320
seljakeelik 193, 240
seljalülid 242
seltekuhik 298
selts 11, 21
seltsing 121
semipermeaabel membraan 73
sensiiblid närvikiud 305
sensoorsed närvikiud 305
sensoorsed rakud 259
servakolvikesed 277
sessiilsed loomad 27, 243
sfinkterid 253
sidekoe-kiukesed 61
sidekude 172, 183
sidestamis-närvikiud 305
sidestavad närvirakud 212
sidrunhape 27
Siebold 33
sigimine 17, 387
sigimisnähtus 17
sigimisrõhk 17
sigimistuum 388
sigituselundkond 229
sihktiivalised 25
siidiliblikad 42
siil 46
siinus 375
siirdistutamine 147
siirdniristus 156
silmaaju 321
silmakõhr 241
silmatäpp 97, 98, 99
silmik 297
silmiklane 416
silmviburlane 29
sinikaelpart 418
sipelgad 42
sipelgasiil 414
Siredon pisciformis 420
sirutajad 253
sisalikuteadus 12
sisealgatuslikud ärritused 258
sisekõrv 273
sisekõrva välismahl 280
siseleht 160
sisenõristuselundkond 237
siseplasma 114
sisepungad 50
sisetoes 239, 242
sisuslikud refleksid 320
skeleton 239
skein 136
skisogoonia 110, 111, 112, 113, 114, 388
skleroblastid 184, 240
skolopofoor 272
sküfomeduusid 167
Solen 198
solenotsüüt 380
solgelimulane 406
sol-seisund 243
soevöötmeloomad 46
soojakangestus 42
soojalembesed loomad 43
soojaveresed loomad 39
soojus 23
soojusaisting 284
soolad 15
soolahülgajad loomad 40
soolalembesed loomad 40
soolamolekulid 40
soolaveelised loomad 40
soolehatud 344
sooleringe-süsteem 342
sooltoru 22
soomussireenlane 415
Spatangoidea 221
species 11
spektrijooned 25
spekulatiivne fülogeenia 11
Spencer 34
sperma 388
spermaar 393
spermatogoonid 392
spermatozoid 29, 245
spermoduktid 393
spetsiaalne füsioloogia 8
spinaalganglion 307
spireem 126
Spirogyra 93
Spirostomum ambiguum 41
splanchnocranium 242
spongiin 241
spongioplasma 58
spontaanne 15
statoblast 50
statoliit 276
statotsüst 276
statsionaarne protsess 15
statsionaarne tuum 122
steapsiin 349
stenohügrilised loomad 38

stenoioonsed loomad 41
stenotermne loom 43
Stentor 117
stenööksed e. stenotoopsed loomad 37
Stephanosphera pluvialis 101
stereoplasma
sterilisatsioon 33
sternum 242
stigma 97, 98, 335
stimulatsioonielundid 278
stomachus 344
stomodaeum 341, 342
stomodeum 341
stratum corneum 179
stratum malpighi
„ mucosum 234
stratum pigmenti 321
Strepsiptera 419
struktuur 14
subepidermsed silmad 287, 288
subitaanmunad 49
submikroon 61
subordinatsioon 21
subspecies 11
substantia alba 320
„ compacta 189
„ grisea 310
Suctoria 121
sugemetüüp 17
sugujuhad 393, 382
sugukaksiklane 166, 105
sugukond 11, 21
suguküpsus 420
suguline sigimine 17
sugumuutus 408
sugunäärmed 389
sugupuu 11, 31
sugurakud 17, 387
sugutamine 122
sugutunnused 411
suguvahetus 408
suguvõsalugu 5, 11
suguurve 401
suised 335
suistikud 368
sulci 326
sulgemisliistakud 175
sulgurid 253
sulud 370
sumbuvus 302
superpositsioonisilmad 299, 300
suprafarüngeaalne ganglionipaar 316
surumismeele-elundid 278
suviuinak 45
suuesik 346
suukuhik 160
suunanägemine 287, 289
suundliikumine 97
suupilu 345
suuraju 301, 321
suurlaju 132
suurseiglane 101
suurtuum 75
suuväli 114
suuõõs 345
Swammerdam 33
sõelluukõrkmed 267
sõmerpihu 82, 182
säsiollus 430
säsiplasma 57
säsitupp 213
säär 283
söödikkakandilised 406
söögitoru 345
südamepaun 373
südameümbriseline septum
„ urge 639
sügoot 99
sügospoor 101
süljenäärmed 335, 345
sümbioos 24
sümogeen 88
sümpaatiline tüvi 332
sünapsis 306
sünergeetilised hormoonid 420
sünergistid (lihased) 153
sünkaarüon 122
sünnitamisseos 20
süntees 27
sünteetik 21, 26
süntsüütsium 75
sünökoloogia 9
süsihappe gaas 23
süsiklane 38
süsivesikud 15, 22
süsteemi kategooriad 20
süstemaatika 5, 11
süstool 366
süvavee-ala 10
süviklane 33
Syngnathus 413
Syringobia chelopsus 420
systema nervorum 301

zonoskeleton 282
zoogeograafia 10
zoograafia 7
zooid 13
zooklorellid 24, 120
zooksantellid 24
zooloogia 5
zoopsühholoogia 9

zoospoorid 29
zootoomia 6

taastekkimine 93
taastarindus 171
taandurid 253
taapetum 288
Taenia saginata 400
„ solium 398
tagaaju 321
tagakeha 283
tagavööde 242
taimeseemned 26
taju 260, 312
takelepiteel 178
taksis 97
taksonoomia 11
Talaeporia tubulosa 142
talimunad 49
talitlusõpetus 5
tangoretseptorid 268
tarakan 416
tasakaaluhari 274
taskuvähk 24
teetanus 246
teisend 13
teiseseemendus 402
telenkeefalon 321
telgelund 372
telgniit 177, 243, 272
telgsilinder 210
telgvool 108
telodendron 210
telofaas 126, 134
temperatuurimeel 283
temporaarne elund 225, 226
tentaaklid 160
teoreetiline zooloogia 13
teravhaistlejad 264
terminaalrakk 380
thalami optici 327
Thomson 30
thorax 223, 242, 283
tibia 283
tigroid-kehakesed 208, 209
tigu 274, 279
tigumulk 280
tiks 274
tiksitähn 279
tippkeha 88
toes 239
toeskond 229
toiduhankimine 92
toitekublik 107, 114
toitumiselundkond 229, 333
toitumisvõrkmik 87, 208
tolmukad 29
topograafiline anatoomia
toruneer 380
toruneerulehter 381
torurakk 380
tractus intestinalis 334
trahheelõpused 359
trahheepõied 283, 356
traktused 313
transfertvööde 306
transformism 11
transfusioon 156
transjektsioon 242
transplantatsioon 147, 150, 151, 152
Trichosomum crassicauda 415
trihhotsüst 116
Triton 149
Triton vulgaris 418
tritotseerebrum 317
trofoplastid 55
trofospongium 87, 208
trofotsüüt 87
trummiastrik 280
trummikile 280, 283
truncus 223
truncus sympathicus 332
trüpsiin 349
trüpsinogeen 350
tsellulaas 338
tselluloos 21
tsentraalkeha 317
tsentrifugaaljõud 30
tsentriool 78, 136
tsentrodesmoos 80
tsentrosfäär 79
tsentrosoom 55, 78, 128
tsilioidne liikumine 28
tsirrid 114
tsüaanradikaal 34
tsüklomeeria 223
tsümogeeniterad 83
tsüst 233
tsütaster 88, 128
tsütenteron 333
tsütofaarünks 96
tsütokinees 126
tsütoloogia 6, 53
tsütoprokt 116
tsütostoom 96, 114, 14, 24, 116
tsütoteek 56
tsütotsentrum 55, 78, 128
tsölomotsüüdid 365
tsöloom 232
tsöloomikotid 232
tšiili suupaunlane 413
tugiõhik 160
tuiksooned 367
tundenärvikiud 305

tundlanääre 382
tunica mucosa 351
„ serosa 351
tunitsiin 25
tupp 213, 393
turgor 193, 241
turjakõhr 242
tuum 14, 53, 55
tuumake 75
tuumakehake 77
tuumakest 75
tuumalaju 61, 78, 127
tuumapõieke 134
tuumasard 76
tuumateke 134
tuunika 25
tõmbekera 79
tõmbekiukesed 134
tõmbsooned 367
tõug 12
täht 79
täisiga 420
tängud 165
tängurakud 30
tõmpsuulane 420
tümpanaalelundid 282
tümpanaalõõs 283
türeotroopne hormoon 428
türoksiin 425
tüvijätk 209

uimekõhr 242
uitlevad loomad 27, 242
ujupõis 346
umbrella 107
umbtoruneerud 380
unipolaarrakk 209
urbed 28, 234, 379
urbeplaadid 263
uriin 351
ussid 24
ussiteadus 12
ussjätke 351
uterus 400
utriculus 274
uudisajusõba 329

vaagkivike 276
vaagpõieke 276
vaap 180
vabad närvilõpud 268
vabavee-ala 10
vadaku-diagnostika 12
vagiilsed loomad 243
vagina 393, 401
vaguviburlased 25
vaheaju 321, 327
vahehüüvend 160
vahekiired 217
vahekude 167, 230
vahelihas 363
vahemikurakud 162
vaistud 311
vakuool 193
valgeollus 320, 322
valguskehake 285
valikupihukesed 84
valk 21, 64
valumeel 262
valutäpid 262
vaod 326
vappkerilane 41
variaablus 9
varieteet 12
varjeelu 49
varjusurmaseisund 47
varuaine 63
vasa deferentia 393
vasar 280
vasopressiin 429
vastassarnik 215
vastse-neitsisigimine 421
vastsesigimine 420
vastuvõtja 240
vats 348
vatsake 370
veemajandus 429
veenid 367
vegetatiivne elundkond 229
vegetatiivne närvisüsteem 330
venter 344
ventilatsioonitrahheed 357
ventriculus cerebri 322
verekapillaar 238
verekiudmik 200
verekämp 200
verelahustumine 156
vereleem 196
verepuna 26, 64, 352
vereseerum 200
veresine 198, 352
veresooned 22
verevadak 200
vere valgelible 28
vertebraalsed ganglionid 331
vertebrae 242
Verworni vaade 36
vesica fellea 349
vesica seminalis 402
vesikakand 42
vesikelluke 25, 117
vesikirbud 44
vesilik 418
vesinikueksponent 41

vestibulum 274, 280, 346
vibur 28, 95
viburamööb 96
vibureos 99
viburepiteel 176
viburloomad 44, 95
vihmussid 38
viimajuha 182
viimaosa 182
viinamäetigu 399
vikerkest 293
viljastamine 396
villi intestinales 344
virveepiteel 20, 176, 177
vitalistlik hüpotees 13
vivipaarsed loomad 397
Volvox aureus 106
„ globator 106
voolumeele-elund 267, 268, 272
vormivahetus 16
vormiõpetus 5
Vorticella chlorostigma 25 ,117
võipätakas 26
võitlusriistad 416
võldas 414
võrdlev anatoomia 7
„ embrüoloogia 7
„ füsioloogia 8
võrkaparaat 85
võrkkest 288, 321
võrkmik 76, 88
vähjad 47
väikeaju 322, 324
välisalgatuslikud erutused 257
väliskuulmekäik 280
välislaadiõpetus 6
välisleht 160, 230
välisplasma 232
välisseedijad loomad 336
välistoes 178, 237, 242
väljahingamine 365
vältemodifikatsioon 122
väljaistutus 153, 154, 185
väringumeele-elund 279
värvikiri 235
värvirakk 235
värvisekandja 25
värvisepiteel 174
värviskude 194
värvisrakud 28, 196
värvus 235
väädik 114
väädi-närvirakud 307

Weismann 34
Wiesner 34
Wilson 90
Wolfi kanal 385
Wolfi keha 385

õgirakud 200
õhujuhad 346
õhutuelulised loomad 39
õisloom 25
õistaimed 25
õunhape 27

ämblikud 38, 46
ärritinõre 109, 182, 301
ärritus 16
ärritused 258, 261
ärrituse maksimum 38, 46
ärrituse miinmum 16
ärrituse optimum 16
ärrituskvaliteet 261
ärrituvus 16, 91, 97, 232, 259

ökoloogia 5, 9
ökoloogiline loomageograafia 10
ökoloogiline valents 37
ökonoomiaprintsiip 37
östriin 431

üldfüsioloogia 7
üldsamandilised elundid 227
üldzooloogia 12
ümmaraken 242
ümmarussid 26, 28, 43, 48
ümmik 98, 11, 121, 233
ümmistumine 48, 99
ürgaju 317, 321
ürgkromosoom 145
ürgkuhik 210
ürgplasma 86
ürgsuu 230
ürgtärkamise teooria 32

x-kromosoom 142

KASUTATUD KIRJANDUS.

Claus-Grobben-Kühn. Lehrbuch der Zoologie. 1932.

Frederiq e. Nuel. Éléments de physiologie humaine. 1920.

Gray. Anatomy, descriptive and applied. 1935.

Hanstein. Biologie der Tiere. 1913.

Hartmann. Allgemeine Biologie. 1932.

Hertwig, R. Lehrbuch der Zoologie. 1931.

Hesse-Doflein. Tierbau und Tierleben Bd. II. 1914.

Холодковскій. Учебникъ зоологіи и сравнительной анатоміи. 1923.

Книповичъ. Курсъ общей зоологіи. 1915.

Kühn. Grundriss der allgemeinen Zoologie. 1931.

Lang. Handbuch der Morphologie der wirbellosen Tiere. 1913.

Piiper. Üldise zooloogia põhijooned. 1920.

Piiper. Arenemisõpetuse ajalugu. 1937.

Plate. Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. 1922—24.

Plate. Vererbungslehre Bd. I 1932, II, 1933.

Rauber-Kopsch. Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. Allgemeiner Teil. 1930.

Rein. Einführung in die Physiologie des Menschen. 1936.

Шимкевич. Биологические основы зоологии. 1923.

Schimkewitsch. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. 1921.

Simroth. Abriss der Biologie der Tiere, 2 Teile.

Stempell. Zoologie im Grundriss. 1926.

Stöhr. Lehrbuch der Histologie. 1930.

Verworn. Allgemeine Physiologie. 1922.

Wilson. The Cell in Development and heredity. 1928.

Sisukord

Lk

Saatesõna 3

I. Üldosa.

1. Zooloogia mõiste ja ülesanne.

Zooloogia 5
Zooloogilised teadusharud 5
Morfoloogia 6
Füsioloogia 7
Geneetika 8
Zoopsühholoogia 8
Ökoloogia 9
Zoogeograafia 10
Kronoloogia 10
Fülogeenia 11
Süstemaatika 11
Üldzooloogia 12
Erizooloogia 12
Praktiline e. rakenduszooloogia 12
Teoreetiline e. filosoofiline zooloogia 13

2. Loomalise organismi üldtunnused.

Individualiteet 13
Morfoloogilised tunnused 14
Keemilised tunnused 14
Füsioloogilised tunnused 15
Geneetilised omadused 17
Autonoomsus 18
Elutingimustega kohastumise võime 19
Fülogeneetilised tunnused 19
Süstemaatilised tunnused 20

3. Looma ja taime võrdlus.

Looma ja taime võrdlus 21

Lk.

4. Oletused elu tekkimisest maakeral.

Kosmozoade e. panspermia teooria 30
Preyeri teooria maakerast kui elusolendist 31
Arhigoonia 32
Pflügeri hüpotees 34
Alleni hüpotees 35

5. Üldised elutingimused.

Vesi 37
Hapnik 38
Toit 39
Temperatuur 41
Rõhk õhus ja vees 43
Aklimatisatsioon 44
Tali- ja suviuinak 45
Anabioos 47
Entsüsteerumine 48
Püsimunad ja püsipungad 49
Loomade rändamine 51

II. Tsütoloogia e. rakuõpetus.

Rakk 53
Raku kuju 53
Raku suurus 53
Raku osised 55
Rakukest 56
Protoplasma mikroskoobiline struktuur 57
Protoplasma keemilised elemendid 62
Protoplasma keemilised ühendid 63
Protoplasma füüsilised omadused 67
Rakutuum 74
Tuuma ehitus 75
Karüomeerid ja kromosoomide individualiteet . . . 77
Rakukese e. tsütotsentrum 78
Rakupihud e. kondriosoomid 81
Golgi aparaat 84
Kromiidid 88
Tuuma ja rakukeha vastastikused talitluselised suhted . 90
Tuumaplasma relatsioon 93
Ainuraksete loomade eluavaldused 95
Viburloomad 95
Liistakviburlane 98
Kobarviburlane 99
Pärgkeralane 101
Hüübekeralane 102

Lk.
Kerilane 104
Amööbid 106
Ripsloomad 114
Raku sigimine 125
Karüokinees e. mitoos 126
Profaas 126
Metafaas 129
Anafaas 133
Telofaas 134
Otsepooldumine e. amitoos 137
Raku sigimise ja karüokineesi füsioloogiline tähtsus . 139
Kromosoomide arvu konstantsuse e. püsilikkuse seadus 140
Kromosoomide individualiteedi teooria 142
Kromatiini diminutsioon 143
Rakk — bioloogiline ühik 146
Transplantatsioon 147
Eksplantatsioon 153
Vere transfusioon 156
Liigi keemiline isepärasus 158

III. Histoloogia e. koeõpetus.

Hüdra kui lihtsaim hulkrakne loom 160
Side rakkude vahel 168
Rakkude morfoloogiline diferentsiatsioon ja füsioloogiline spetsialisatsioon. Füsioloogiline integratsioon 169
Epiteel 172
Näärmed 180
Side- e. tugikude 183
Veri e. lümf 196
Lihaskude 201
Närvi- e. ergukude 205

IV. Promorfoloogia e. põhikujuõpetus.

Promorfoloogia e. põhikujuõpetus 215
Metameeria e. rivisarniksus 222
Tsüklomeeria e. ringsarniksus 223

V. Organoloogia e. elundiõpetus.

Elundi mõiste 225
Elundite üldliigitus 225
Elundkonnad e. organisüsteemid 229
Kehaõõnis 229
Kate 233

Lk.
Skelett 239
Liikumiselundkond 243
Elektrielundid 255
Meele-elundkond 257
Keemilised meele-elundid 263
Haistmiselundid 263
Maitsmiselundid 265
Kompimis- e. taktiilsed elundid 268
Voolu- e. pöörlemismeele-elundid 272
Raskus- e. gravitatsioonimeele-elundid 276
Kuulmis- e. akustilised elundid 279
Temperatuurimeele-elundid 283
Nägemiselundid 285
Närvisüsteem 301
Toitumis- ja seedimiselundkond 333
Hingamiselundkond 351
Ringeelundkond 364
Erituselundkond 377
Sigituselundkond 387
Hermafroditism 398
Pseudohermafroditism. Interseksuaalsus. Günandromorfism 407
Sugutunnused. Seksuaalne dimorfism ja polümorfism . 411
Suguküpsus ja täisiga. Neoteenia. Dissogoonia. Pedogenees 420
Sisenõristus- e. sisesekretsioonielundid 421
Register 435
Kasutatud kirjandus 457
Sisukord 459
Õiendusi 463

Õiendusi.

Lk.	Rida	Trükitud	Peab olema
6	2 ülalt	suguküpsede	täisealiste
8	13 „	lihase, meeleriista, töö	lihase ja meeleriista töö
12	11 alt	nugiseteadus	nugiliseteadus
13	7 alt	rips- ja vihmussid	ripsussilised ja vihmussid
15	8 ülalt	lipoide e. fosfatiide	lipoide, näit. fosfatiide
19	9 alt	rühmadesse	klassidesse
24	6 ülalt	paelussidel	paelussilisil
25	12 „	viburlaste	viburloomade
„	18 „	vaguviburlasist	vaguviburilisist
„	6 alt	ogapäraliste	päraogalaste
„	4 „	vaguviburlaste	vaguviburiliste
27	6 ülalt	lahutama amiinohappeiks	lahutama amiinohappeiks ja need liitma uuesti liigiomaseiks valkudeks
28	17 alt	algloomad — ümmarussid	algloomad, ümmarussid
29	8 alt	rakusildade	plasmasildade
33	6 ülalt	paelusside	paelussiliste
„	11 „	Max Sultze	Max Schultze
„	14 „	paelussid	paelussilised
38	13 „	ripsussid	ripsussilised
39	18 alt	paelussid	paelussilised
40	5 „	vastustajad	vastandlased
48	10 „	rips-, etc. usside	ripsussiliste
„	8 „	rips-, etc. ussidel	ripsussilistel
49	14 „	ripsussil	ripsussilisil
56	5 ülalt	blefaroblast	blefaroplast
„	5 alt	õõsloomade	nõgesloomade
62	5 ülalt	kiirloomade	kiireliste
65	10 alt	loomasuhkur	loomatärklis
„	8 „	palitiin-,	palmitiin-,
67	5 ülalt	desmidaasid	desmolaasid
67	17 „	ripsusse	ripsussilisi
70	8 ülalt	Brauni	Browni
71	4 „	Brauni	Browni
91	15 „	alusterale	alusteradele
104	11 ülalt	kimp	kimbud
105	2 „	10 000	22 000

Lk.	Rida	Trükitud	Peab olema
„	8 alt	globator	aureus
133	8 ülalt	tuumapõied	tuumapõiekesed
134	10 alt	seespoolsed	eespoolsed
142	17 ülalt	Taleporia	Talaeporia
„	18 „	„	„
145	13 „	sterematogoonide	spermatogoonide
149	14 „	ripsussidel	ripsussilisil
161	4 alt	vahehüüvend;	vahehüüvend);
173	1 „	nahandiga	koorendiga e. koorkestaga
176	7 ülalt	amöboidse kulendepiteeli	amöboidse e. kulendepiteeli
„	13 „	gastrotsööli	gastraal- e. maoõõnt
„	6 alt	ripsussidel	ripsussilisil
177	joonis 25		vastupidi vaadelda
181	1 ülalt	liht-,	liht
186	9 alt	karbiliste limuste	karpide (limuste)
189	1 ülalt	sisemine	välimine
195	11 alt	melonofooride	melanofooride
203	17 ülalt	Baumanni	Bowman'i
„	9 alt	isotroopne	anisotroopne
205	15 ülalt	isotroopne	anisotroopne
206	10 alt	varbareaga	varvakesereaga
„	12 „	nägemisvarbaga	nägemisvarvakesega
„	13 „	rabdoomiga	rabdomeeriga
211	3 alt	Mn	Mh
214	16 ülalt	säsitupeta	säsitupega
222	11 ülalt	—	Joon. 55 (rea alguses)
246	19 alt	päikeselisel	kiirelisel
272	7 „	Voolu- e. pöörlemis-(rotatsiooni-)elundi	Voolu- e. pöörlemis-(rotatsiooni-)meele-elundi
273	9 „	kala	looma
279	9 „	vars basilaris	pars basilaris
280	14 „	Kuk	Knk.
285	9 ülalt	selgroogsete	selgrootute
291	12 alt	koorendlääts	(koorendlääts)
297	5 „	üksikui	üksikuil
325	2 ülalt	selgroogsete	inimese
341	8 alt	af	Af.
352	14 „	veresina	veresine
375	5 „	—	köh — kehakapillaarid
391	7 ülalt	rakkude vabanemisel	rakkudest
393	15 „	eelmunarakud	muna-emarakud
401	5 „	vorus	porus

25,-

TÜ RAAMATUKOGU
10300015892526

A
10778 I
176126652

A
10778
I
17612652

PROF. DR.
J. PIPER

LEHRBUCH
DER
ZOOLOGIE