

POPULAARTEADUSLIK  
SARI

G.I.POLJAKOV

NÄRVISÜSTEEMI  
EVOLUTSIOON



\* RK "TEADUSLIK KIRJANDUS" \*

98



A-16558

G. I. POLJAKOV

# NÄRVISÜSTEEMI EVOLUTSIOON

POPULAARTEADUSLIK ÜLEVAADE  
37 JOONISEGA TEKSTIS



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“  
TARTUS, 1947

Tõlgitud teose järgi: Г. И. Поляков, Эволюция нервной системы.  
Госуд. Изд. Биологической и Медицинской Литературы,  
Москва/Ленинград, 1937.

Tõlkinud E. Piiper.

Rahvalikult kirjutatud raamat, luge-  
jalt erialalist ettevalmistust ei nõua,  
annab ülevaate närvisüsteemi arengust,  
alates algelistest vormidest kuni inimi-  
ajuni, ühtlasi selgitab lühidalt ka ini-  
mese põlvnemist.

TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU

«Tõeliselt aga sisaldub materia loomuses see, et materia jõuab mõtlevate olendite arenguni, seepärast toimub seda liiki arenemine alati paratamatult siis, kui vastavad tingimused on olemas.»

«Ilma selle eelajaloota oleks mõtleva inimaju olemasolu jäänud imeasjaks.»

Engels. «Looduse dialektika».

## Sissejuhatus.

Selget käsitust mingisuguse elundi ehitusest, talitlusest ja ülesandest kogu organismi olemuses on võimalik saada ainult siis, kui oleme õppinud tundma seda pikka ning muutlikku käiku, mille see elund oma arenemises on läbi teinud elusolendite evolutsiooni reas.

Järelilikult selleks, et mõista, kuidas on ehitatud ja kuidas töötab inimese, selle täiuslikema elusolendi aju, peame samm-sammult jälgima, kuidas on arenenud ehituselt ja funktsioonilt erisuguseil arenemisastmeil olevate organismide närvisüsteem, alates algloomadest, kuidas närvisüsteem tüsistus ja täienes, kuni saavutas inimese närvisüsteemina oma arenemise kõrgeima astme.

Teatavasti koosneb iga liitne organism hulgast mikrokoopilistest rakkudest, mis moodustavad mitmesuguseid elundeid, millede abil tehakse kogu organismi eluks vajalikke töid. Selliseiks elundeiks on näiteks looma liikumiseks tarvilihud lihased, ümbruskonnast ärritusi aistivad meelelundid, närvi-, seede- ja hingamis-elundkond jne.

Me tunneme siiski suurt hulka lihtsaimaid organisme, kelle kehaks on üksainus rakk. Seesuguse ainurakse organismi, hädavaevalt silmale nähtava protoplasmatombrukese näiteks on amööb. Amööb võib keha igast osast välja sirutada protoplasmakühme — kulendeid; need kasvavad üha suuremaks, kogu keha plasma otsekui voolaks sellisesse kulendisse — ja niiviisi amööb liigub. Kohtab ta teel midagi söödavat, näiteks infusoori või bakterit, kleepub toidupala amööbile ja viivitamatult ümbritsetakse see igakülgse protoplasmaga, mis sel kohal veeldub ja tekitab bakteri ümber vedelikuga täidetud põiekese. Selles niinimetatud toitekublikus toimub tabatud bakteri seedimine. Seedimine lõpetatud, heidetakse kasutamatud jääused välja.

Kohtab aga amööb oma rännakuil mõnd mitted söödavat pihukest, siis ei haara ta seda, vaid roomab sellest mööda. Selline erinevus amööbi käitumises seletub asjaoluga, et toiduks kõlblikud olendid, näiteks bakterid või infusoorid, eritavad keemilisi aineid, mis mõjustavad amööbi ärritavalt ja põhjustavad ülalnimetatud reaktsioone. Et mitted söödavad ained amööbi keemiliselt ei ärrita, ei kutsu need ka temas esile mitte mingisuguseid reaktsioone.

Esitatud näitest selgub, et amööb reageerib ainult teatavaile välisärritustele ja ainult teataval viisil. Teiseks näiteks amööbi reageerimisest välisärritustele oleks tema liikumine valguses. Kuid sel juhul ei püüa amööb mitte läheneda, nagu see ilmnes toidu puhul, vaid vastupidi: ta põgeneb valguse käest varjulisse paika, kus tema olemistingimused on palju soodsamad. Siin esineb negatiivse reaktsiooni näide vastusena teatava ärrituse peale.

Amööbi näites esineb meile üks kõige olulisemaid ja põhilisemaid elavaine tunnuseid üldse: võime aistida mitmesuguseid ärritusi ja neile reageerida. Seda võimet nimetatakse elava materia tundlikkuseks ehk ärritu-

vuseks. Ärrituvus ühes teiste eluavaldustega, nagu ainevahetus, kasv, paljunemine jne., on elava protoplasma, selle iga organismi, koe ja raku aluse välditamatuks tunnuseks. Järelikult on ärrituvus omane igale organismi rakule.

Loomariigi arenemiskäigu kestel osutuvad algelised, raku üldiste elutalitluste toetamiseks vajalikud plasma omadused üha enam ja enam eristuvaiks, mis toimub rööbiti organismi kui terviku ehituse liitsustumisega. Algelisel kujul esineb talitluste eristumine juba amööbil.

Amööbil ei ole tema elutalitlusteks vajalikke alalisi eriülesandelisi arendeid, seepärast täidavad rakuosised elundite eriülesandeid. Paigast paika liikumine toimub amööbil ilma eriliste vahenditeta. Paljudel teistel ainurakseil organismidel, näiteks infusooridel, esinevad algelised liikumisorganellid ripsmetena või viburitena. Kõik need primitiivsed, algelised «organid», mis sisalduvad ainurakses organismis, eristuvad elavaine edasisel arenemisel seedimis-, liikumis- jne. elundeiks, moodustudes suurest hulgast erisuguseist rakkudest.

Nii näeme, et ainuraksel organismil on algelisel kujul olemas tähtsamad elundid ja funktsioonid, mis on omased kõrgemaile, hulkrakseile olendeile. Elava mateeria põhiline omadus — võime tajuda ärritusi ja reageerida neile — sisaldab juba sugemeid, milledest edasiselt areneb kõrgemini organiseeritud loomadel mee-elundite ja närvisüsteemi tegevus. See tegevus ilmneb eeskätt paremas ja täielikumal välisärrituste tajumises, nende edasijuhtimises erilistele elunditele — liikumiselunditele.

## I peatükk.

### Selgrootute närvisüsteem.

Vaatleme nüüd lihtsaima närvisüsteemi ehitumust. Seesugust närvisüsteemi omava looma näiteks on *meduus*. Merevees ujuva meduusi keha on kellukese või vihmavarjuga sarnanev kummik. See kummik koosneb kahest lehest — välimisest ja sisemisest — ja nende vahel asetsevast sültjast vahekihist. Kummiku keskmes allpool asetseb kombitsatega ümbritsetud suuava. Nii kummiku välimine kui ka sisemine leht koosneb rakkude kihist.

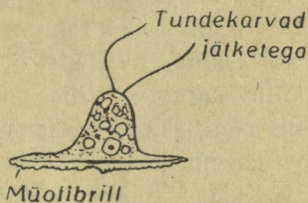
Selline on lihtsaima paljurakse organismi ehitusplaan. Selliselgi ehituselt lihtsal oleval nagu meduusil leiame peale seedekulglä ka närvisüsteemi. Selle moodustab kummiku servadel kahe lehe — sisemise ja välimise — vahel asetsev närvirakkude kiht (joon. 2). Iga närvirakk on kujult käävjas. Selle pikenenud otsad siirduvad kaheks närviraku jätkeks, mis naaberrakkude jätketega ühinedes moodustavad kahe lehe vahel pideva võrkjaku ehk põimiku. Kuidas töötab see ehituselt lihtsaim võrkjas närvisüsteem?

Mõnel meduusiga samasse klassi kuuluval, kuid lihtsama ehitusega loomal, näiteks *hüdral*, on mõned välislehe rakud (joon. 1) varustatud eriliste tundekarvakestega, mis välisärrituste suhtes on eriti tundlikud. Seesuguste tundekarvade põhjas asetseb nende protoplasmas kokkutõmbuv niidike ehk müofibrill, mis otsekohe kokku tõmbub, niipea kui tunderakku väljastpoolt ärritatakse. Selline rakk,

olles ühtaegu tunde- kui ka lihasrakuks, on lihtsaima aparadi näiteks, mis välisärritusi vastu võtab ja neid edasi annab müofibrillile, millele see reageerib kokkutõmbega. Siin on tunde-, närvi- kui ka liikumiselund samas rakus veel üksteisega liidetud ja need ei moodusta veel eraldiolevaid iseseisvaid elundeid.

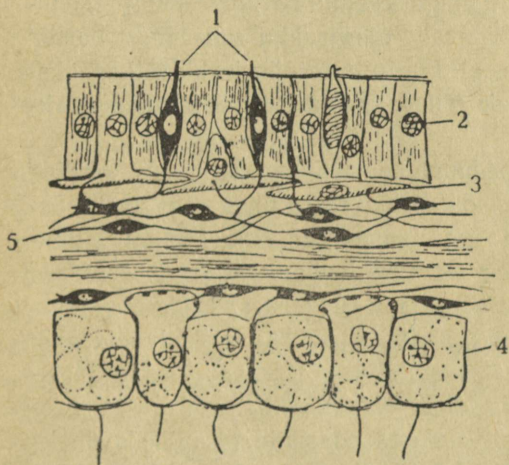
Veidi keerukama organisatsiooniga loomal, nagu seda on meduus, eristuvad need süsteemid juba iseseisvaiks. Arvatavasti tekkis närvisüsteemi eristumine sel teel, et mõned esmaseist (primaarseist) tunderakkudest laskusid lootelehtede pinnalt sügavusse ja jäid sinna püsima

närvivõrguna (joon. 2). Meduusi närvivõrku moodustavad



Joon. 1. Hüdra närvilihasrakk.

rakud saavad oma harud pindmistele meelerakkudele ning sise- ja välislehe vahel asetsevaile lihasrakkudele, ühendades neid üksteisega. Selgub, et talitluselt erinevad süsteemid saavad alguse samast sugemest. Erinevate süsteemide areamisega toimub ühtaegu vastassuunaline protsess: seesuguste aparaatide



Joon. 2. Meduusi närvisüsteemi ehitus.

1 — tunderakud, 2 — välisleht, 3 — lihasrakk, 4 — siseleht, 5 — ergurakkude võrk (närvivõrkmik).

tekkimine, mis seostavad ja kooskõlastavad erinevate süsteemide tegevust. Üheks seesuguseks aparaadiks on just närvisüsteem.

Lihase kokkutõmbumises vastusena teatavale tundeärritusele on tegemist sellega, mida nimetatakse *refleksiks*, mis toimub närvisüsteemi vahendusel. Seega esineb refleksis teatav kindel organismi vastus ehk *reaktsioon* mitmesuguseile välis- või siseärritustele. Reflektorne liigutus on olnud ühelt poolt ärrituse iseloomust, teiselt poolt närvisüsteemi ja organismi kui terviku seisundist ärrituse ajal.

Kuidas toimub närvisüsteemi kaudu ärrituse ülekandmine meele-elundeilt liikumiselundele? Vastuse sellele küsimusele annab närviraku mikroskoobiline uurimine eriliste värvimismeetodite rakendamisel, kus närviraku eri osad värvuvad erinevalt.

Need uurimised näitasid, et nii närvirakk kui ka selle harud sisaldavad suurel hulgal peenimaid kiuke ehk *neurofibrille*, mis läbivad närviraku selle ühest harust teise ning siirduvad seal, kus mitme närviraku jätked üksteisega ühinevad, nende ühinemiskohtade kaudu naaberrakkude jätkeisse<sup>1</sup>.

Niisiis sisaldub meduusi närvivõrk mikroskoopiliste neurofibrillide põimik, mille kaudu meduusi kummiku ühes osas vastuvõetud erutus levib igas suunas kõigisse kummiku lihasesse. Mis puutub närvierutuse levikuprotsessi iseärasusse närvikoes, siis on katsed eriliste elektriseadeldiste abil tõestanud, et kui meduusi ärritada näiteks elektrivoolu abil, levib ärritatud paigast negatiivne elektrilaeng suure kiirusega närvikude mööda laiali. Niisiis võib arvata, et neurofibrillid on närvi erutuslainete edasiandjad, millede üheks avalduseks on elektrilised toimed. Kui närvikiudu mööda

---

<sup>1</sup> Autor pooldab arvamust, et närvirakud seostuvad fibrillide kaudu, teised tunnustavad ainult kontakti närvirakkude vahel.

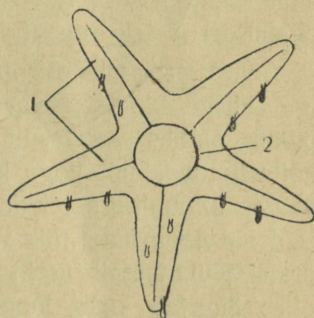
(Vast. toimetaja.)

leviv erutus jõuab lihaseeni, siirdub see närvikoelt lihaskoele, kutsudes esile kokkutõmbumise.

Meduusi kummik võib teha ainult ühte laadi liikumist, s. o. teostada kogu kummikuseina kiiret kokkutõmbumist, nii et kogu kummikus olev vesi välja surutakse, ja selle tõttu tekkinud vastupidisel tõukel liugleb ujuv meduus vastassuunas edasi.

Me näeme, et meduusi kummik on ehituselt täielikult kohanenud ainult tõukelisteks ujuliigutusteks. Meduusi võrkjas närvisüsteem võimaldab erutustel levida kõigis suundades. Missuguses punktis erutus ei tekikski, levib see kiiresti üle kogu kummiku, ajendades selle seintes lihaste kokkutõmme, millele järgneb kummiku ujumisiigutus. Selle näitega tõestub see fakt, et looma kehaehitus kohastub tema eluviisiga.

Meduusist keerulisema närvisüsteemi ehitusega looma näiteks on meritäh, ehkki ka tema närvisüsteem on ehituselt võrgukujuline. Meritähke keha kuuju on viiekiireline. Ta roomab aeglaselt mööda mere põhja. Suu avaneb tal kõhtmiselt keset kehapinda. Ümber suuava, naha all asetseb närvirõngas, millest väljuvad kiirharudesse viis närvivääti (joon. 3). Suuava ümbritsev närvirõngas kui ka närviväädid koosnevad närvirakkude põimikust (samuti nagu meduusilgi). Seesuguse keerukama närvisüsteemi ehituse tähtsus on tõestatud paljude katsete abil merisiilikuga, kelle närvisüsteem sarnaneb üldjoontes meritähke omaga.



Joon. 3. Meritähke närvisüsteemi ehituse skeem.

1 — närviväädid kiirte sees,  
2 — keskne närvirõngas.



Merisiiliku keha pind on tihedalt kaetud okastega. Kui keha teatavat osa ärritada kas puudutades või millegagi vajutades, järgneb vastuseks ärritusele refleks, mille tulemusena okkad kallutuvad ärritatava koha suunas. Nii tekib kaitserefleks, mille abil merisiilik end vaenlaste vastu tagajärjekalt kaitseb, lastes tegevusse oma kindlama relva — okkad. Kiirte harudes asetsevaist närviväätidest väljuvad arvukad närvikiud, närvistades (innerveerides) iga okka põhja külge kinnistunud lihaseid; lihaste tõmbluse tulemuseks ongi okaste kallutus. Isegi sel juhul, kui merisiilikul tükike nahka ühes okastega välja lõigata, säilitavad okkad ärritustele reageeriva kaitserefleksi.

Sellest selgub, et oma reflektorses tegevuses esineb iga üksik okas iseseisvana või autonoomsena. Meduusi puhul olnuks see võimatu, sest tema kehakorrastus on kohastunud ainult kogu kummiku kokkutõmmetega. Ühes okaste ilmumisega tekkis merisiilikul terve rida autonoomseid närviaparaate, mis võivad teostada refleksi igas okkas eraldi. Kuid iseseisvusele vaatamata, mida kehast eraldatud okas ilmutab oma loomulikus olekus, s. t. teiste okaste seas, ei tegutse ükski okas teistest sõltumatult, vaid, vastupidi, nendega tihedas seoses. Üksikute okaste reflekside valitsemisülesannet organismi kui terviku huvides täidab närvisüsteemi teatav keskus, mis osutub seega kogu ülejäänud närvisüsteemi suhtes kõige tähtsamaks.

Merisiiliku ja meritähe närvisüsteemis on selleks juhtivaks ja valitsevaks osaks tsentraalselt paigutatunud suuümbri-sene närvirõngas, mis ühendab radiaalselt perifeeriasse kulgevaid närvivähte.

Külge külge kõrval toimub kaks protsessi, mis teineteisega on lahutamatu seotud: ühelt poolt uute reflekside ilmumine, teiselt poolt nende talitluste kooskorrastamine ehk koordineerimine. Need on põhisuunad, mida mööda kulgeb närvisüsteemi areng ja tuisistumine seda-

mööda, kuidas organismid ise võitluses olemise eest ja loomuliku valiku tulemusena muutuvad järjest liitsemaks ja keerulisemaks.

Meie poolt senini vaadeldud loomadel on kehaehituses üks ühine iseloomustav joon, mis jätab võõrastava mulje, nimelt nende kera- ja tähekujuline kehakuju, sest loomadel, kellega me tavaliselt kokku puutume, on ees- ja tagaosa, vasem ja parem kehapool. Kiireline kehakuju on senivaadeldud loomadel ühenduses nende väheliikuva eluviisiga.

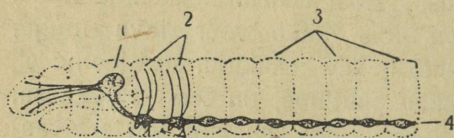
Aktiivsema liikumisega loomade organisatsioon asetseb kõrgemal tasemel ja sellele vastavalt me näeme ümberkorrastamist kogu nende organismis. Juba ussidel, kes on kõrgemini organiseeritud kui meduusid ja meritähed, asendub keha keraline kuju piklikuga, selles eristuvad ees- ja tagakeha ning ehituselt sümmeetriline parem ja vasem kehapool.

Katsume selgitada kehaehituse kõrgemale tasemele tõusmise põhjusi, võttes näitena vihmaussi. Elutingimused väliskeskkonnas on vihmaussil hoopis keerulisemad kui meduusil või meritähel, kes, elades vesikeskkonnas, hõljuvad laineil või paiknevad liikumatult mere põhjas ja on täiesti kohastunud toiduga, mida neile merehoovus vees hõljuvate pisipihukestena või mere põhja laskunud loomakestena kätte toimetab. Vihmauss aga kuivamaa elanikuna peab toidu hankimiseks võrdlemisi rohkesti jõudu kulutama. Ühetaolise vesikeskkonna asemel on siin terve hulk ärritusi, mis põhjustuvad krobelisest, ebatasasest maapinnast alt ja ümbritsevast õhust vahelduva temperatuuri, kuivuse või niiskusega ülalt, jne.

Sellega seoses esineb vihmaussi närvisüsteemis palju kaugeleulatuvaid muutusi, võrreldes seda meduusi ehituselt lihtsa närvivõrguga. Keerukama ehitusega närvisüsteem kindlustab paljude mitmekesisete välisärrituste vastuvõtu kui ka nende ümbertöötamise, ühtlasi olles võimeline hoiatama

loomade ümbruskonna muutustest, näiteks saagi või surma-  
kuulutava vaenlase lähenemisest.

Vihmaussi närvisüsteemi tuisistumine ilmneb närvi-  
tänegade tekkimises, mis kõrgema orga-  
nisatsiooni vormina asendab närvivõrkmi-  
ku. Vihmaussi närvi-  
süsteem koosneb terve-  
st reast pikiväätide  
ja ristindemete varal  
ühendatud tängupaa-  
ridest, mis nõõrrede-

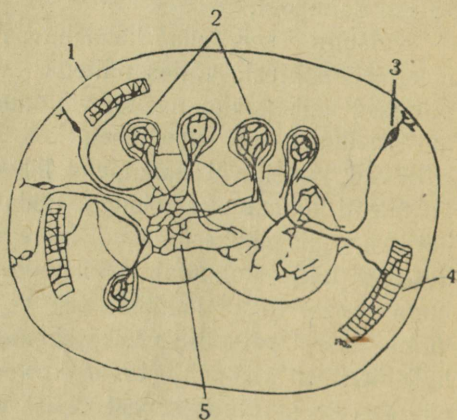


Joon. 4. Vihmaussi kehaehitus koos  
närvisüsteemi ehitusega.

1 — peaajutänt, 2 — närvid, 3 — lülid,  
4 — kõhutäntade ahelik.

lina läbib kogu keha (joon. 4). Iga tänt koosneb piirde-  
poolset asetunud pirnikujulistest rakkudest, millede jät-  
ked suunduvad tängu

keskmesse, kus need  
harunedes moodusta-  
vad närviühtude tihe-  
da põimiku (joon. 5).  
Nende rakkude tei-  
seks erinevuseks on  
see, et igaühel neist  
on pikk närviüht, mis  
saadab harusid tängu  
sisemusse, sealt väl-  
judes aga siirdub liha-  
seisse ja siseelun-  
deisse. Rakke ja ühtu-  
de läbivad eespool  
nimetatud neurofibril-  
lid ehk närviühtikesed.



Joon. 5. Kõhutängu ehitus selgrootuil.

1 — nahkkate, 2 — närvitängu rakud,  
3 — tunderakk, 4 — lihas, 5 — närvi-  
ühtude põimumine närvitängus.

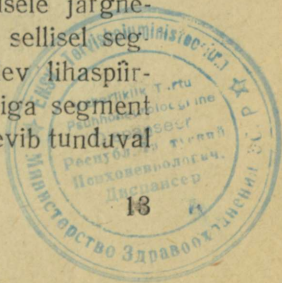
Vihmaussi nahas on palju tunde- ehk meelerakke. Närvi-  
rakud asetsevad sügaval naha all, kust saadavad oma jät-

keid tunde- ehk meelerakkudesse, läbistades neid neurofibrillidega. Nende närvirakkude kiud siirduvad tänku, harunevad siin hulgaks peenteks harukesteks, ühinedes sama tängu pirnjate närvirakkude okastikuga. Nende närvirakkude kaudu annavad tunderakud välisärritusi vahetult närvitängule edasi.

Siin esineb talitluste jaotus närvirakkude vahel: ühed on välisärrituste edasijuhtijad ja neid nimetatakse tunde-närvirakkudeks, teised, mis asetsevad tängus, saadavad oma kiud lihastesse ja on liigutamise- ehk motoorseiks närvirakkudeks. Seoses sellega esineb veel üks närvirakkude ja nende kiudude tähtis omadus — võime juhtida erutust teatavas suunas, nimelt juhivad tunde-närvirakk ja kiud erutust perifeeriast keskme poole, s. t. nahkkattest närvitänku, motoorne närvirakk aga toimib alati vastassuunas — tängust lihasesse. Mitte midagi selletaolist ei leidu meduusi närvisüsteemis, kus närvivõrgu mingis punktis tekkinud erutus võib kulgeda mistahes suunas.

Seesugune tunde- ja liigutamise-närvirakkudest ja nende kiududest koosnev närviaparaat esindab algelisemal kujul liitsemaltki organiseeritud loomade närvisüsteemi ehituse põhijooni. Närvitängus ühineb ja astub tihedasse omavahelisse kontakti suur hulk närvirakke. Tängu suunduvad kõik välisärritusi juhtivad kulglad. Tängu keskmises asetseva närvikiudude põimiku kaudu on võimalik naha ühes punktis tekkinud erutust edasi anda korruga paljudele liigutamise-rakkudele, ja nii on liigutamise teostamiseks võimalik tööle rakendada tarvilik arv lihaskiude.

Kirjeldatud närvitänk esineb primaarse närvitsentrumina. Vihmaussi keha koosneb paljudest üksteisele järgnevaist rõngaist ehk segmentidest (joon. 4). Igal sellisel segmentil on oma nahapiirkond, oma selle all olev lihaspõimik ja sees lõik seedekulglast. Peale selle on iga segment varustatud närvitänkudega. Seesugune segment evib tundaval



määral iseseisvust, s. t. võib vastata välisärritustele, olles kehas täielikult eraldatud. Selles võib igaüks veenduda, kes vihmaussiga katsetab, löigates tema keha tükkideks: iga tükk jätkab oma vingerdavaid liigutusi. Vihmaussi segmentne ehitus on sellepoolest tähelepanuvääriv, et see esitab lihtsustatud kujul kõike seda, mida näeme liitsema ehitusega loomadel.

Organism tegutseb alati tervikuna. Samal vihmaussi näitel võime kõige lihtsamal kujul näha, kuidas saavutatakse üksikute osade tegevuses koordinaatsioon. Kõik närvitängud on omavahel nidemetega ühendatud. Need nidemed koosnevad eri tänkudes asetsevate närvirakkude kiududest, nende kaudu toimub vastastikune ühendav side kõigi tänkude vahel, tänkude kaudu aga kooskõlastatakse kõikide kehasegmentide töö.

Organismi tegevuses ei ole mitte kõik segmentid ühes oma tänkudega võrdselt tähtsad. Vihmaussi närvitängud asetsevad kõhtmiselt. Seda asjaolu seletatakse sellega, et roomates saadakse suurim hulk tänkudesse kulgevaid ärritusi maapinnaga kokkupuutuvast kõhtmisest kehapinnast. Pealegi erinevad pea- ja sabapoolne kehaosa teineteisest täielikult ärrituste hulga poolest. Kui vasema ja parema kehapoolle kohta tuleb ärritusi peaaegu võrdselt, millega selgitub ka nende sümmeetria, saab roomamisel ussi peapoolne, ettepoole suunatud osa ärritusi suuremal hulgal kui sabapool. Seepärast on arusaadav, et ussi peapoolsel löigul on palju keerukama ehitusega närvitänk, mille ülesandeks on ka palju suurema hulga ärrituste ümbertöötamine. Tõepoolest ongi peaajutänk ehituselt keerukam kui kõik teised tängud. Seoses sellega, et ärritused tabavad liikumisel ussi ülalt ja eestpoolt, ei asetse peaajutänk mitte kõhtmiselt, nagu asetsevad kõik teised tängud, vaid ülal, selja pooles. Peapoolse asendi ja oma tegevuse iseloomu kohaselt etendab peaajutänk juhtivat osa, allutab kõik kehatängud ja saa-

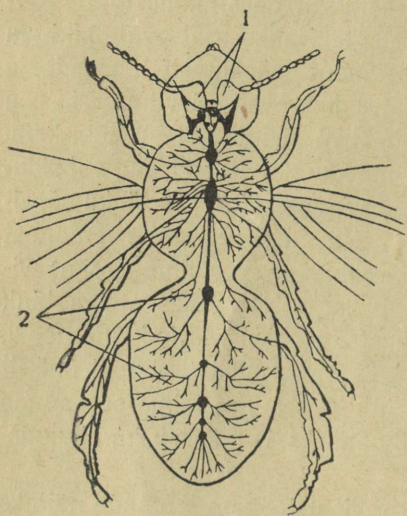
utab võimaluse koordineerida iga tängu tegevust organismi kui terviku huvides. See on saavutatav kiudude abil, mis peaaütängust alates kulgevad piki närviahelikku tahapoole, andes kõrvalharusid igasse tänku. Siin on meil tegemist lihtsapäraseima vormiga, kus p e a d võib eraldada k e r e s f. Selletaolist jaotust võine jälgida edaspidi kõigil tüsilisema organisatsiooniga loomadel.

Ussi närvisüsteem on ehituselt täiesti kohastunud roomamisel teostatavate liigutustega. Nahas asetsevate piki- ja rõngaslihaste abil võib iga segment vahelduvalt lüheneda ja pikeneda. Ussi edasi roomates kulgevad närviimpulsid pea poolt alates mööda närviahelikku tängust tänku, piki keha tahapoole, nende impulsside möödumisel tõmblevad vahelduvalt rõngas- ja pikilihased selles segmendis, mille tänku närvi-erutus läbib — ja niiviisi tekivad vihmaussi roomamist iseloomustavad liigutused. Järelikult seisneb vihmaussi närvisüsteemi kooskorrastav tegevus esiteks selles, et iga tänk reguleerib eri segmendis lihaste vahelduvaid kokkutõmbeid, ja teiseks selles, et ühtlasi kõik segmendid töötavad ühiselt ja kooskõllaliselt peatängu juhtimisel, mis esimesena annab teistele tänkudele impulsi liikumiseks ja määrab ka liikumisuuna.

Vihmaussist liitsema organisatsiooniga loomade näiteks on putukad ja koorikloomad, kellede keha välisehituses ilmneb tähelepandav tüsistumine nende keha jagunemises peaks, rindmikuks ja tagakehaks. Pealegi esinevad neil jäsemed, mis on loomade arenemises samm edasi, sest jäsemete abil toimub liikumine roomamisega võrreldes palju kiiremini. Nende loomade elutingimustes on sel suur tähtsus, näiteks saagi jälitamisel ja tabamisel, põgenemisel vaenlase eest hädahoju hetkel. Putukaile lisanduvad veel tiivad, mis võimaldavad liikuda ka õhus.

Vastavalt tüsilikumale kehaehitusele on neil loomadel ka närvisüsteem keerukam, ehkki ka siin püsib veel põhimiselt

ristinidemete ja pikiväätidega ühendatud tängupaaridest koosnev närvikava tüüp. Keerunemine väljendub närvisüsteemi edasises tsentralisatsioonis sel viisil, et rida närvitänke ehk ganglione, mis närvistavad sama keha osa, näiteks rindmikku või tagakeha jne., liitub ühte (joon. 6). Närvitänegade ehk -sõlmede selline liitumine laiema ulatusega närvisüsteemiks võib kooskorrastamistegevuses suuremaid võimalusi kui üksik närvitänk. See suguse ühinemise puhul on nende loomade närvikava suuteline lõpptulemusena teostama liitesemaid toiminguid, ning seda eriti just liikumiselundkonna tegevuses. Vaatame, kuidas toimub näiteks putuka edasilikumine maapinnal ja missugune on seejuures närvisüsteemi ülesanne.



Joon. 6. Mesilase närvisüsteemi skeem.

1 — peaajutärgud, 2 — rindmiku ja tagakeha tärgud.

Putuka jalad on väga liitse ehitusega, need koosnevad mitmest üksteisele liigestatud osast — lülidest. Liikumine jalgade lülides toimub lihaste abil. Lihased kinnituvad mitmesugusele kere- ja jalgade osadele, mis töötavad kui hoovad, teostades üsna mitmekesiseid liigutusi, vajalikke roomamiseks ja jooksmiseks, painutamiseks ja sirutamiseks, pööramiseks ja käänamiseks, eemaldumiseks ja lähenemiseks. Samasuguse lihastehoova printsiibi alusel on ehitatud kõigi enam-vähem tüsilikumalt organiseeritud loo-

made jäsemel. Arusaadavalt nõuavad jäsemete üksikute osade õiged ja kooskõlastatud liigutused vastavalt närvikava osadelt tõhusat eristumist.

See närvikava vastavate piirkondade eristumine väljendub närvisüsteemi talitluste jaotuses. Kuna vihmaussi segmentides olid kõik lihased ehituselt enam-vähem lihtsad ning sooritasid ka enam-vähem ühetaolisi liigutusi, on siin närvirakkude üksikud rühmad eristunud ühe teatava suuna määramiseks liikumisel. Nii närvistab üks närvirakkude rühm jäset painutavaid, teine sirutavaid lihaseid jne. Töö eristumise tulemusena kaotavad närvirakkude üksikud rühmad selle iseseisvuse, mida nõrgema spetsialisatsiooniga närvisüsteem omab. Näitena võib esitada fakti, et putuka ärälõigatud jalg tavaliselt ei suuda enam iseseisvalt teostada mitte mingeid liigutusi.

Üksikute närvirakurühmade eristumisega on vahetult seotud vastandlik protsess — nende rühmade töö kooskõlastamine. Mida kaugemale üksikud rakkude rühmad eristumises jõuavad, seda tüsilikemaks arenevad ka nende tegevust kooskõlastavad mehhanismid.

See pidev ühtsus kahes vastassuunalises protsessis, eristumises ja kooskõlastamises, esineb närvikava arenemisel algloomadest kuni inimeseni. Võimalus seesuguseks kooskõlastamiseks ilmneb juba üksikute närvitänkude ühinemisel, mille tulemusena närvirakkude eristunud ja ühinenud rühmad mõjustavad üksteist reguleerivalt ja on omakorda kõik ühiselt närvikava eelnimetatud kõrgemate keskmete mõju all, mis nende ühist tegevust koordineerides tagavad organismile küllaldase kohastumise muutlike välistingimustega.

Keeruka närvikava koordineerimistegevuse näiteks pole putukail mitte ainult ühe, vaid kõigi jäsemete ühine tegevus. Analüüsimise putukate jooksu mehhanismi. Jooksmise või roomamise ajal liiguvad putuka kolm paari jalgu korrapäraselt üksteise järel edasi. Korrapäraselt kor-

duvad liigutused saavutatakse ainult närvikava kooskorrastava tegevusega. Kui eemaldada putukal üks või mitu jäset, siis sooritavad ülejäänud oma tegevuse nii, et üldine kord liigutuste kordumises ei muutu ja liigutuste rütmigi jääb endiseks. Mida tähendab see näide? See näide tõestab, et ühist tegevust kooskorrastavad närvikeskmed töötavad automaatsete aparatuuridena, säilitades antud putukale omase hariliku rütmi ka siis, kui mõned selles rütmis töös osalevad liikmed reast välja langevad. Rütmi püsivus üksikute osalevate liikmete eemaldamise puhul saavutatakse sel teel, et korrastavad närvikeskmed muudavad nüüd põhimiselt oma tegevuse ja suunavad liikumisimpulsid ainult vigastamata jäänud jäsmeid närvistavaile närvirakkude rühmadele. Eemaldatud jäsmeid närvistavad närvirakkude rühmad on ühisest tegevusest välja lülitatud. Närvikeskmete erutusi ümberkorrastav või me mitmesuguste elundite, näiteks jäsmete närvistamisel on närvisüsteemi kõige iseloomustavamaid omadusi.

Jäsemeteta putukas on meile ainult parimaks tõendavaks näiteks, sest tõeliselt toimub seesugune erutuste ümberkorrastamine täiesti normaalsel putukal tema närvisüsteemis alaliselt. Kui vaatleme näiteks putuka roomamist üles-alla tasa- ja kaldpinnal, siis selgub, et jäsmete töötingimused on neil juhtudel täiesti erinevad. Tasapinnal roomates jaotub kehakaal enam-vähem ühtlaselt kõigile jäsemeile, roomamisel ülespoole asetub keha raskuspunkt tahapoole, mistõttu nüüd keha raskuspunkt paikneb tagumistel jalgadel. Et suurenevat survet välja kanda, peavad tagumiste jalgade lihased end rohkem pingutama kui esimeste omad. Pealegi võib nüüd liikumissuund jalgades olla hoopis teisugune, kui see oli tasapinnal liikudes.

Et aga looduslikes tingimustes on putukal harilikult rohkem tegemist ebatasaste pindadega, siis peab tema närvisüsteemis igal hetkel toimuma närviimpulsside ümberpaiguta-

mine, mistõttu osutub võimalikuks saavutada organismi eri osade töös peent kohastumist ümbruskonna oludega.

Seda looma tegevuses pidevalt toimuvat ümberkorrastumist närvisüsteemi töös määravad väliskeskkonnast saadud ärritused. Kuid ka väliskeskkond ei osutu püsivaks, vaid muutub vahetpidamata. Alaline võitlus olemasolu eest ja looduslik valik on pidevalt täiendanud looma võimeid vastavalt suhtuda ümbruskonna muutustesse. Need loomad, kellel see võime ei olnud küllalt arenenud, ei pidanud vastu olemusvõitluses ja hukkusid.

Loodusliku valiku elasid lõpuks üle ainult need, kelle närvisüsteem osutus küllaldaselt suuteliseks teostama õigeaegselt tarvilikke muutusi organismi ja selle osade toiminguis, näiteks hädaohu puhul vaenlase eest põgenedes või saagi jälgimisel. Sellest selgub ühtlasi, kuivõrd põhjendamata on kogu organismi ja selle osade, eriti närvisüsteemi tegevuse võrdlemine masina tööga: isegi kõige keerukam, ehituselt täiuslikem masin töötab alati ühtlaselt, automaatselt, välisoludele vaatamata.

Ümberkorrastumisvõime, mis peegeldab ümbruskonna muutusi, on iseloomulikuks omaduseks organismi kõigile osistele, ka närvisüsteemile kui elava töötava organismi osisele, kui elusaine osisele üldse, vastandiks elutule, anorgaanilisele ainele, millel see omadus puudub, kui keerukas see ehituselt iganes olekski. Siin on järelikult kvalitatiiivne, mitte aga kvantitatiivne vahe kahe aine organisatsiooni olemuses eneses — orgaanilises ja anorgaanilises. Kui me kõneleme närviaparaatidest, mehhanismist, keskmeist, mis teatavates tingimustes töötavad automaatselt, on tarvis ikka meeles pidada, et siin on tegemist sootuks isesuguste asjadega, mis erinevad masinast kvalitatiivselt, ja mingisugust sarnasust siin masina tööga olla ei või.

Me nägime, et vihmaussi peamine tänk on võrdlemisi rohkem arenenud kui teised, sellele alluvad tängud. Putukail ja koorikloomadel on närvikava peapoolse osa juhtiv tegevus veelgi tõhusamini välja arenenud. See on neil otse seoses keerukamate meele-elundite arenemisega ja vastavalt ka peajutängu tüsilisema struktuuriga.

Selliseist peapoolses otsas asetsevaist meele-elundeist olgu esikohal mainitud täiesti väljakujunenud nägemiselund, mis aistib valgusärritusi ja annab kujutlust ümbritsevate esemete vormist, võib-olla isegi nende värvusest. Omapäraseks meele-elundiks on tundlad, mis paiknevad samuti looma eesotsas ja aistivad kompimis-, tõenäoselt ka haistmisärritusi. Vastavalt seesugusele keerukale meele-elundite arenemisele on peajutänk mõnel putukal väga liitse ehitusega ja selles võime eritella erilisi närvirakkude rühmi, millel on eriline suhe vastavate meele-elunditega. Samas tängus toimub ka nägemis-, kompimis- ja haistmisärrituste kooskorrastamine. Siit siirduvad närvi-ajed tagapool asetsevasse närvikeskustesse, mis närvistavad liikumiselundeid (jäsemeid, tiibu). Järelikult muutub selle tängu juhtiv osa siin ses suunas, et alates hetkest, mil tekkisid selle tänguga seoses olevad kõrgesti arenenud meele-elundid, nagu silmad ja tundlad, juhindub putukas põhimiselt neist ärritustest, mida ta nende meele-elunditega tajub kaugusest, vastupidi näiteks vihmaussile, kellel sellised meele-elundid puuduvad ja kes orienteerub peamiselt ärrituste abil, mida ta kehapinnaga vahetult tajub ümbritsevate esemetega kokku puutudes, näiteks hõõrudes roomamisel kõhtmist kehapoolt vastu aluspinda.

Elundite võime aistida ärritusi kaugusest on loomale iseäranis tähtis tema olemusvõitluses. Loodusliku valiku toimides see elundite võime tugevneb ja täieneb: mida kõrgemal astmel asub loom ehitumuselt, seda suurem on tema võime aistida ärritusi kaugusest, seda rohkem

ilmub kõiksugu elundeid, mis on kohastunud mitmekesiste ja kvalitatiivselt erisuguste ärrituste vastuvõtmiseks välismaailmast.

Kooskorrastamise tegevuse üht osa oleme juba käsitelnud, nimelt ärritusimpulsside jaotust, mis paneb tegevusse neid või teisi närviaparaate. Siin esineb aga veel teine, samavõrra tähtis kooskorrastamistegevuse omadus — p ä r s s i m i s j a o t u s, juba tegevusse astunud närviaparaadi tegevuse pidurdamine tarviduse korral. Niihästi erutuvus kui ka pärssivus on ühtlaselt tarvilikud närvikava ja selle osade korralikuks ja kooskõlaliseks tööks. Selgituseks esitame katse ühe merivähi liigiga. Vähil eemaldati peaajutänk. Selle tagajärjel esines huvitav nähtus: kui vähki toideti, ilmnis, et toiduhaaramisega ja allaneelamisega seoses olevad suu avamis- ja sulgemisliigutused, kord alanud, jätkusid vahetpidamata ka siis, kui toit oli söödud ja liigutused juba täiesti kasutatud. Antud juhul on meil tegemist närviaparaadi automaatsusega. Automaatsus seisneb selles, et kord oma tööd alanud närviaparaat jätkab tegevust lakkamatult seni, kuni närvikava juhtiv osa selle pidurdab.

Sama nähtus esineb ka siis, kui näiteks kiiresti lendav või jooksev putukas on sunnitud liikumist järsku katkestama kas eesoleva takistuse või vaenlase ootamatu ilmumise puhul. Sel juhul on vaja närvikeskmete tööd kiires korras peatada, pidurdada selleks, et võtta tarvitusele abinõusid eesseisva hädaohu vältimiseks. Võimetus õigeaegselt takistada või peatada mõne elundi tööd, mis osutuks üleliigseks või hädaohtlikuks, on loomale tema eluvõitluses samuti kahjulik kui võimetus üht või teist elundit vajaduse korral kiiresti käiku rakendada. Mõningail loomadest, näiteks merivähil, on sõrgadesse siirdumas närvi- väädi koostises leitud erilisi närvikiude, mis sõrgade tegevust ajendavad või pärssivad. Ajendamine ja pärssimine on

närvikava korrastavas tegevuses kaks lahutamatu seostatud menetlust.

Peale lihtsa liikumise kooskorrastab närvikava paljusid teisi organismi reaktsioone. Näiteks suur rühm nn. kaitse reaktsioone on loomadele tarvilikud kaitseks võitluses pealetungivate vaenlaste vastu. Selliseks enesekaitse aktsiooniks osutub samal merivähil reaktsioon tema käpa pigistamise puhul. Kui vähi jalakest tugevasti suruda, teeb ta pigistusest vabanemiseks esiteks jalakesega rea painutusliigutusi. Kui see ei aita, alustavad tegevust naaberjalakesed, püüdes tülitavat eset eemale tõugata, ja vähk pöörab eseme poole oma mõlemad sõrad, et eset haarata. Selles enesekaitse reaktsioonis näeme, kuidas uued kehaosad järk-järgult tegevusse rakenduvad, kusjuures kõik liigutused on määratud kahjustava eseme eemaldamiseks. Pigistatud jäset närvistavaist keskmeist väljuvad ärritused otsekui leviksid üle kogu närvikava, haarates kaasa ja rakendades tegevusse terve rea teisi närvikava osi.

Närvisüsteemi kooskorrastav tegevus võimaldab uute kehaosade korrapärast, kogu reaktsiooni käigule vastavat tegevusse rakendamist reaktsiooni toime kestel. Toidu haaramisel, selle osadeks tükeldamisel, puremisel ja neelamisel võime täheldada tervet rida keerukaid kooskorrastavaid reaktsioone.

Peale välisärrituslike reaktsioonide kooskorrastab närvisüsteem ka looma kehas asetsevate elundite, näiteks seedimis-, hingamis-, sigituselundkonna tegevust. Side närvisüsteemi ja nende elundite vahel toimub närviväätide ehk -tüvede abil, mis, kulgedes elundite närvirakkude põimikuisse, neid närvistavad.

Oleme läbi vaadanud terve rea reaktsioone, kus närvisüsteemi kooskorrastav toime oli iseäranis ilmekalt väljendatud. Kuid närvisüsteemi töö oleneb ka närvistatava elundi olekust. Närvisüsteem mõjustab elundeid, kuid on

ka ise nende mõju all. Siin esineb närvisüsteemi ja organismi teiste osade kooskõlaline tegevus, kus iga üksiku elundi talitlus igal antud hetkel sõltub kõigi teiste elundite koostööst.

Närvisüsteemi kõrval etendavad looma toiminguis eriti tähtsat osa kehamahlades ringlevate mitmesuguste keemiliste ainete toimed. Iga meie poolt vaadeldud toiming, olgu enesekaitse- või liikumistoiming, ei ole lõplikult mitte ainuüksi närvisüsteemi tegevuse tulemus, vaid oleneb organismi kui terviku olekust. Iga olendi omaduseks on töötada tervikuna — sellise tervikuna, milles sisaldub üksikute süsteemide ja elundite tegevus, nagu seda on iseäranis rõhutanud dialektilise materialismi rajajad, eriti Engels alljärgnevas tsitaadis.

«Elava keha liikmeile ja elundeile ei pea vaatama ainult kui tema osadele, vaid kui tervikule. Lihtsateks osadeks muutuvad need ainult anatoomi käe all, kuid siin ei ole siis enam tegemist elavate kehadega, vaid laipadega. Ma ei taha sellega öelda, et seesugust tükeldamist ei peaks toimetatama, vaid tahan öelda, et välisest ja mehhaanilisest seosest terviku ja selle osade vahel ei piisa selleks, et tunnetada orgaanilist elu tema tõelikkuses» (Engels, «Looduse dialektika»<sup>1</sup>).

Me ei või vaadelda looma organismi looma ümbruskonnast lahus. Olend ja ümbruskond on teineteisega lahutamatus seoses ja mõjustavad vastastikku teineteist. Olend ise esineb ka ainult looduse kui terviku osana. See tihe side olendi ja ümbruskonna vahel väljendub looma käitumises. Oluliseks ja kõige iseloomulikumaks on käitumises see, et olend tegutseb ühtse tervikuna. Käitumist ei saa taandada üksikute refleksiide reaks ehk toiminguis, vaid

---

<sup>1</sup> Tsitaadid on teosest Энгельс, «Диалектика природы», 5-ое издание, 1931.

see esindab ühtsust olendi kõigis talitlustes ja suhteis ümbruskonnaga. Ainult teaduslikus katses võime meelevaldselt jagada ühtsuse osadeks ja eraldi tundma õppida seda või teist refleksi, mis sisaldub kogu looma käitumises.

Teadagi, et mida tüsilisem on olend loomade reas, seda komplitseeritum on tema suhe ümbruskonnaga, seda keerukamaks muutub ka tema käitumine. Amööbi käitumine on niivõrd algeline, et tema suhtes kaotab sõna «käitumine» peaaegu oma tähenduse. Võiksime öelda, et amööbi puhul on meil tegemist käitumisega selle algelisimal, primitiivseimal kujul.

Täheldame üht momenti, millel on suur tähtsus looma käitumises ja mida nimetatakse instinktiks. Instinktiivse tegevuse näiteks putukate alalt oleksid mesilased ja sipelgad, kui nad ehitavad keerukaid tarusid ja pesi, talletades sinna varusid jne., või ämblikud, kes koovad keerulisi pitsvõrke peenimast niidist. Kõrgema organisatsiooniga loomade instinktiivse tegevuse hulka kuuluvad lindude rändamine ja pesadepunumine, kobraste kuhjadeehitamine jne. Seesuguseid teatavas järjekorras üksteisele järgnevaid keerukaid toimingute ridu, millel on sünnipärane loomus (selles ongi nende oluline tunnus), nimetatakse instinktideks. Instinktidel on oluline tähtsus looma võitluses olemasolu eest. Loodusliku valiku tulemusena muutuvad instinktid põlvkondade kestel pärilikeks. Madalama organisatsiooniga loomadel esineb instinktiivseid toiminguid suuremal määral ja algelisemate loomade elus etendavad need peaos. Loomariigi arenemisprotsessi tüsistudes taanduvad instinktid looma käitumises üha enam tagaplaanile, asendudes põimsete vahekordadega olendi ja ümbruskonna vahel.

## II peatükk.

### Selgroogsete närvisüsteem.

#### Seljaaju.

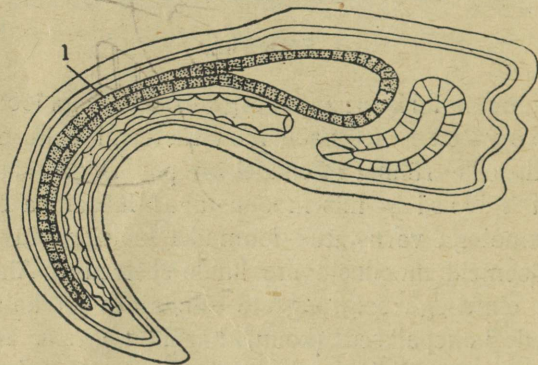
Siirdume nüüd keerukama organisatsiooniga loomade — selgroogsete loomade närvisüsteemi ehituse juurde.

Kõigil selle rühma loomadel on piki selga rida kõhrest või luust lülisid, mis moodustavad lülisamba ehk selgroo. Jäsemetega varustatud loomadel kaasliigestuvad selgrooga jäsmeid moodustavate luude süsteemid. Alamate ja lihtsama ehitusega selgroogsete esindajaks on kalad, neile järgnevad kahepaiksed (konn, kärnkonn), siis roomajad (sisalikud, maod, kilpkonnad ja teised), siis linnud ja lõpuks imetajad, keda nimetatakse nii sellepärast, et nad toidavad oma poegi emapiimaga.

Me nägime, et närvisüsteemi tsentralisatsioon tegi kord juba hüppe meduusi närvivõrgust ussi närvitänguni; siin teeb see veel teise hüppe, ühendades ja liites närviaheliku tängud üheks elundiks — närvi- ehk ajutoruks (joon. 7). Kõige lihtsama ehitusega kalade närvisüsteem on näiteks seesugune närvitoru. Mida kõrgema organisatsiooniga on loom, seda põimsemaks muutub närvitoru oma ehituse ja seda koostavate elementide poolest, kuid üldine torukujuline ehituslaad püsib kõigil selgroogseil, ka inimesel.

Toru eespoolne osa moodustab põietalaise laienduse, millest edasiselt areneb peaaegu, ülejäänud osa aga muutub seljaajuks.

Vaatleme esiteks seljaaju ehitumust ja seljaajule omast tegevust. Närvitänkude liitumisega seljaajutoruks kaasub selgroogse keha üksikute segmentide ühtimine. Koos närvisüsteemi tsentralisatsiooniga selgroogsete seljaajus muutub täielikumaks ka selle koordineerimisvõime, võrreldes selgrootute närvitänkude aheliku sama võimega. Ühtlasi toimub ka edasine talitluste jaotus üksikute närvirakkude rühmade vahel.



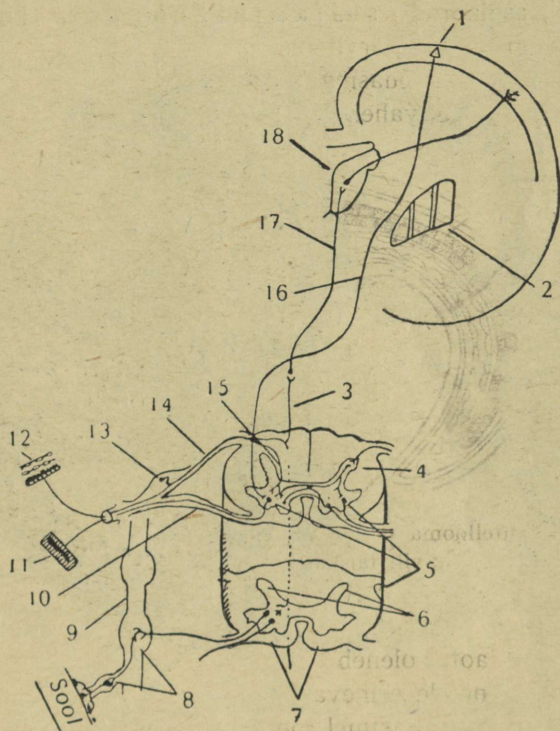
Joon. 7. Mantellooma (*Ascidia*) loode ajutoru sugemega (see toru hävib täiskasvanud *Ascidia*'l).

1 — ajutoru.

Talitluste jaotus oleneb närvirakkude ehitusvormi mitmekesisusest ja nende erinevast tegevusest. Mida kõrgemal selgroogsete arenguastmel loom on, seda suurem on mitmekesisus närvirakkude kujus ja nende funktsioonides.

Seljaaju seostab kõige erinevamaid, nii keha pinnalt kui ka siseelundeist lähtuvaid erutusi. Väliserutuste vastuvõtt toimub nahas asetsevate, ehituselt keerukate meelerakkude abil, mis moodustavad tundekehakesi. Iga erutusliigi jaoks on eri ehitusega kehakesed, seetõttu saavutatakse nende välisärrituste kõrgeastmeline eristamine, mis tekivad looma või inimese kehaga otseselt kokku

puutudes. Nende rakkude abil tajutakse temperatuuri (soojust, külmust), naha kaudu eseme pinda (siledust, koredust), tugevate mehhaaniliste ja keemiliste ärrituste puhul ka valu.

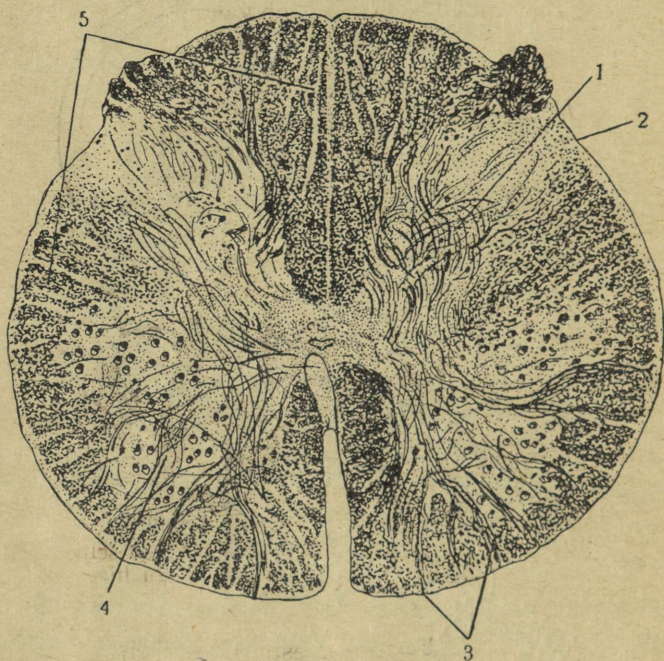


Joon. 8. Seljaaju ehituse ja seostuste skeem peaauga ja sümpaatilise süsteemiga.

1 — ajupoolkera koore liigutamiskud, 2 — koorealused tuumad, 3 — seljaaju ülespoole suunduvad (tõusvad) tundenärvide kiud, 4 — vaherakk, 5 — seljaaju eesmise tulpade liigutamiskud, 6 — tagumised ja 7 — eesmised tulpad, 8 — sümpaatiliste tänkude rakud, 9 — piirmine tulp, 10 — eesmine liigutamiskud, 11 — lihas, 12 — nahk, 13 — seljaajutängu tunderakk, 14 — tagumine tundejuur, 15 — tagumise juure haru, mis vahendab ärritust eesmise tulba liigutamiskud, 16 — liigutamiskud, 17 — tundejuur, 18 — nägemiskühm.

Peale naha asetsevad tunderakukesed veel lihaseis ja kõõluseis. Nende kaudu tajutakse lihaseis ja kõõluseis liikumisel tekkivaid ärritusi.

Tundenärvirakud, mis kõiki neid ärritusi seljaajule edasi annavad, asetsevad seljaajutänkudes, kummalgi



Joon. 9. Inimese seljaaju ristilõige.

1 — tagumine tulp, 2 — tagumine juur, 3 — eesmine juur,  
4 — eesmine tulp, 5 — valgeollus.

pool seljaaju, selgrookanal (joon. 8). Need rakud on ümariku kujuga (joon. 10) ja nende kiud jagunevad kaheks haruks, milledest üks suundub nahas ja lihaseis asetsevaises tundekehakesesse ja tungib neisse oma neurofibrillidega, teine läheb seljaajju ja ühes teiste samasuguste kiududega

moodustab selgmised ehk tundejuured. Nende juurte kaudu siirduvad seljaajju kõik väljastpoolt kui ka siseelundeist saadud erutused. Tundenärvide kiud võivad erutusi edasi anda ainult ühes sihis, nimelt seljaajju.

Kui seljaaju risti läbi lõigata, siis näeme, et see koosneb kahest osast (joon. 9). Seespool asetseb liblikakujuline hallollus, mida väljastpoolt ümbritseb valgeollus. Mikroskoobi all näeme, et hallollus koosneb suurest hulgast närvirakku-



Joon. 10. Närvirakkude ehituse mitmesugused kujud.

A — selgrootu kõhtmise tängu rakk, B — inimese seljaaju tängu tunderakk, C — inimese seljaaju eesmise tängu liigutusrakk.

dest, valgeollus aga närvikiududest. Ühed neist närvikiududest suunduvad ülespoole ja juhivad erutusi selgmistest tundejuurtest peajju, teised sellevastu kulgevad peajjust seljaajju ning nende ülesandeks on erutuste ülekandmine peajjust seljaajju. Peale nende pikkade närvikulgate esineb veel lühikesi, mis sidestavad seljaaju üksikuid osi.

Seljaaju närvirakke jaotatakse nende töö iseloomu järgi mitmesse suurde rühma. Võtame vaatluse alla ühe neist, mis meid kõige enam huvitab. Hallolluse eesmise väljuvaid

osi nimetatakse eesmisteks, tagumisi tagumisteks tulpadeks (sarvedeks). Eesmistes tulpades asetsevad suured närvirakud (joon. 9, 10), milledest kulgevad igasse suunda harulised jätked. Iga närviraku eespoolst väljub pikk närvikiud, mis ühes teiste samasugustega siirdub seljaajust läbi eesmise juure närvistatavasse lihasesse. Need rakud ühes oma kiududega on järelikult liigutamiseks, mis pärast ka eesmisi närvijuuri nimetatakse liigutamisjuurteks. Eesmiste närvijuurte kiud liituvad selgmiste juurte tunde kiududega närvitüvedeks, milledest väljuvad närvid keha mitmesugustesse osadesse.

Liigutamiskui ka tunderakud sisaldavad hulgaliselt neurofibrille, mis kõik koonduvad raku sellesse ossa, kust närvikiud väljub, sisenevad sellesse närvikiudu ja jätkuvad selles kuni närvikiu suubumiseni lihasesse. Lihases puutuvad neurofibrillid kokku lihaskiudestega ja annavad niiviisi erutuse üle närvirakkudelt lihasele, ajendades lihase tõmbemist. Motoorsed närvirakud ja -kiud, vastandina sensiibleile, juhivad närvierutusi ainult seljaajust lihase suunas.

Seljaaju tängurakkude sensiiblid kiud, siirdudes läbi selgmise juure seljaajju, harunevad seljaaju halloluses ja tungivad eesmise tulba liigutamisrakkudeni (joon. 8). Lähenedes mingisugusele liigutamisrakkule jaguneb sensiibel haru hulgaks peenimaiks kiukesteks, mis tihedalt põimuvad raku ümber. Siin on meil tegemist tunde- ja liigutamisraku kontaktiga, kus närvierutus siirdub tunderakust liigutamisraku. Kogu seda teed, mida mööda närvierutus kulgeb nahast lihaseeni, nimetatakse refleksikaareks. Iga tundenärvirakk astub oma harudega kontakti mitme eesmise tulba liigutamisrakuga korraga. Selletõttu võib erutus, lähtudes nahal ühest punktist, seljaajus levida ja rakendada tegevusse tervet liigutamisrakkude rühma. Närvierutuse levimisvõime suureneb veel selle tõttu, et tundlikud harukesed harunevad mitte ainult liigutamisrakkude läheduses,

vaid ka eriliste sidestamis- ehk vahelülirakude läheduses, millede kiud astuvad kontakti mitme liigutamisirakuga. Eesmise tulba liigutamisirakud ühinevad omavahel rühmadeks, moodustades liigutamistuumi ehk -keskmeid. Iga seesugune kese närvistab teatavate lihaste rühmi, mis teostavad mõnd liigutust, näiteks painutamist, sirutamist, lähenemist, eemaldamist jne. Seljaaju eriliste liigutamiskeskmete arv vastab looma organismi lihaste arenemisastmele. Kaladel, kellel kõrgelt arenenud jäsemed puuduvad ja kes omavad ainult uimeid, on seljaaju liigutamiskeskmete arv väike ja need närvistavad suuremalt osalt ainult kere lihaseid. Ühes jäsemete arenemisega suureneb ka liigutamiskeskmete arv. Liigutamiskeskmed asetsevad piki seljaaju üksteise järel teatavas järjestuses: kõige kõrgemal asetsevad kaelalihaste keskmed, siis eesjäsemete, kere ja tagajäsemete omad. Keskmed asetsevad samas järjestuses, milles looma kehaosadki. Seljaaju keskmete järjestuse järgi võime eraldada keha iga üksikut, teistega liitunud segmenti.

Jäsemete ilmumisega keeruneb ka seljaaju ehitus, mis väljendub kõigepealt paisutiste tekkimises neis seljaaju segmentides, kus asetsevad liigutamiskeskmed ühes neist jäsemete lihasesse lähtuvate närvidega, s. o. kaela- ja tagavöötme osa (joon. 12, 13). Mida rohkem osaleb jäseme liikumistöös üksikuid lihasrühmi, mida suurem on liikumissuundade arv, seda rohkem on ajus üksikuid närvide liigutamiskeskmeid ja seda keerukam on nende struktuur.

Kõige keerukama ehitumusega on inimese seljaaju, mis täielikult vastab inimese jäsemete, iseäranis käe keerukaimale ehitusele ja talitlusele.

Närvirakku ühes harudega ja kiuga nimetatakse neuroniks. Selgroogsete närvisüsteem koosneb suurest arvust neuroneist, mis omavahel on ühendatud vähemaks või suuremaks rühmadeks vastavalt nende tegevuse laadile. Mõnin-

gaid neuronite liike me vaatlesime juba: tundeneuronite rühmi esiteks, millede rakud asetsevad seljaajutänkudes, teiseks liigutamisneuronite rühmi, millede rakud paigustuvad seljaaju eesmistes tulpades. Suurt huvi pakub närvisüsteemi tegevuses küsimus, kas esineb iga neuron, s. t. iga närvirakk ühes oma harudega iseseisva elemendina, mis kontakti kohtades oma lõppharudega teisi neurone ainult puudutab, või lähevad rakukehas ja harudes esinevad neurofibrillid kokkupuutekohtades pidevalt ühest neuronist teise üle, moodustades neurofibrillidest ühtse võrgustiku. Selle küsimuse lahendamiseks võrdleme veel kord mitmesuguseil arenemisastmeil olevate loomade närvisüsteemi ehitust.

Meduusi närvisüsteem on kaunis ühtlane, liigestamata, erutus levib selles igas suunas ühtselt. Usside ja putukate närvisüsteem on talitluse kohaselt juba teataval määral eristunud, millega kaasub võime määrata erutuste kulgemisuunda. Kuid veel siingi ei esine järske piire üksikute närvirakkude vahel, sest närviraku harude kaudu võivad neurofibrillid ühest rakust teise siirduda, ja niiviisi püsib siingi pidev neurofibrillidest võrk veel alal. Selgroogseil on üksikute neuronite spetsialisatsioon nende tegevuse laadi järgi teinud suure hüppe edasi, mis võrreldes selgrootutega on aluseks täpseile eralduspiiridele üksikute neuronite vahel, moodustades erisuguseid otsmisi harusid neuronitevahelise kontakti kohtades. Kuid tihe side üksikute neuronite vahel püsib ka siin, mistõttu ilmneb siingi ühtlus kogu närvisüsteemi tegevuses, vaatamata spetsialisatsioonile.

Selgroogsete närvikiududel on isesugune säsis tupp ehk kest, mis koosneb peamiselt rasvaineist ja mis selgrootuil veel puudub. Närvikiude ümbritsevate säsituppede ülesandeks on neis kulgevate erutuslainete omavaheline isolatsioon, need meenutavad elektrijuhet ümbritsevat isolatsioonimähist. Pea- ja seljaaju keerulises ehituses, kus närviteed kulgevad mitmes suunas ja sageli üks-

teisega ristuvad, on seesugusel mähisel närvierutuste õiges edasijuhtimises väga suur tähtsus. Pealegi on katsed näidanud, et erutuse kulg säsitupega ümbritsetud kius toimub palju kiiremini kui säsitupeta kius. Järelikult toimub närvisüsteemi töö selgroogseil palju kiiremini kui selgrootuil.

Mitmesuguste loomadega on tehtud palju katseid seljaaju tegevuse selgitamiseks. Et välja lülitada närvisüsteemi ülejäänud osade tööd, eraldati katseis seljaaju peaajust ja uuriti reflekse, mis toimusid seljaaju isoleerimisel aju teisest osadest.

Selgus, et erinevad ärritused, sõltuvalt nende iseloomust, kutsuvad esile ka erinevaid reflekse. Kui näiteks isoleeritud seljaajuga koera käppa näpistada või torgata, järgneb ärritusele refleks — käpa eemaldumine ärrituskoldest. Sama tulemuse annab katse konnaga. Kui ärritada konna kehal nahka näiteks kõhul, on vastuseks käpa reflektorne liigutus, nagu tahaks ta ärritavat eset käpaga nahalt ära pühkida. Selliseid reflekse, millede abil loom püüab vältida kahjulikke ärritusi, nimetatakse enesekaitserefleksideks. Nendega tutvusime osalt juba selgrootute puhul.

Ärritused, millel pole kahjustavat mõju, tekitavad teissuguseid reflekse. Kui näiteks silitada koera reit või jala tallaalust, saame vastusena refleksi: koer sirutab silitatava jala välja. Kui isoleeritud seljaajuga koer riputada üles, teevad tema jalad ka siis veel kõndimis- ja jooksmisliigutusi. Neid reflekse ajendab rippuvate jäsemete raskus. Meenutame veel üht koera refleksi, mida nimetatakse sügami srefleksiks ja mis avaldub selles, et isoleeritud seljaajuga looma ärritamisel seljast teeb tema tagumine käpp rea sügamisliigutusi.

Kõigis neis refleksides võib täheldada mitut tähtsat momenti. Esiteks tuleb märkida refleksi spetsiifilisust, mis seisneb selles, et teatavad ärritused kutsuvad esile ka teatavat laadi reflekse. Teiseks on reflektorsel liigutusel

looma suhtes alati suur eluline tähtsus, nagu see avaldub iseäranis hästi enesekaitse-refleksis, mis kaitseb looma vigastuste eest, või sügamis-refleksis, mis on suunatud parasitide eemaldamisele nahalt.

Vaatleme lähemalt neid närviaparate, millede toimel refleksid teostuvad. Nagu nägime, võib erutus mingisugusest ühest punktist nahal üle kanduda korraga tervele hulgale närvirakkudele. Kuid reflektorsel liigutusel ei tõmbu kokku mitte kõik lihased, vaid ainult need, mis on just selle, aga mitte teise refleksi teostamiseks tarvilikud. Näiteks enesekaitse-refleksi puhul tõmbuvad jäsemel ainult painutatavad lihased, eemaldades seega jäset ärritatud paigast, kuna teised lihasrühmad samal ajal ei teosta mingisugust kokkutõmbumist. Seesugune kindel tulemus on võimalik seljaaju keskuste töö kõrgeastmelise kooskorrastuse tõttu, mille puhul erutus kulgeb kindlatesse närvikeskustesse, kuna teised keskused mitte ainult ei erutu, vaid on sel momendil ka kõige tugevama erutuse vastu tundetud, on nn. pärstitud olekus.

Närvierutuse ja -pärssivuse õigel jaotusel üksikute seljaajukeskmete vahel põhjenebki olulisim tunnus seljaaju kooskorrastamistöös. Suurt osa etendab seejuures kokkupuutekoht tunde- ja liigutamisrakkude vahel. Kui mõnes kokkupuutekohas kulgeb erutus kergesti tundeharult motoorsele rakule, siis teises ei pääse see liigutamisrakku suureneva vastupanu tõttu kokkupuutekohas eneses. Kontaktide seisund, erutuse ja pärssivuse jaotus vahelduvad iga uue reflektorse ärrituse puhul nii, et tegevuses olev seljaaju muutub alatasa, samuti kui kogu kesknegi närvisüsteem.

Seljaajus asetsevad ka siseelundite töö kooskorrastamiskeskmed, mis toetavad organismi elutegevust, näiteks hingamis-, vereringe-, seede-elundkonda jne. Need elundid on oma tegevuses teataval määral iseseisvad, organismi teiste

osade tegevusest sõltumatud. Nii võib näiteks looma rinna-koopast väljavõetud süda pikemat aega tuksuda, kui sellest lasta läbi voolata eriliste soolade lahusel. Samuti võib väljalõigatud soole osa kokku tõmbuda. Seesuguste kõrgesti organiseeritud loomade nagu selgroogsete siseelundite iseseisev tegevus meenutab selletaolist nähtust alamal arenguastmel olevail loomadel, kus väljalõigatud kehaosad võivad reageerida ärritusele.

Kõhukoopas hajutatult esineb kõigis siseelundeis paljude tänkudega ühenduses olevaid närvirakkude rühmi, mida nimetatakse sümpaatilisteks tänkudeks (joon. 8). Kaks rida seesuguseid tänke, ühendatud nidemetega, kulgevad piki selgroogu. Närvitänkudes ja siseelundeis asetsevad närvirakke ühendatakse sümpaatilise närvisüsteemi üldnimetusega.

Nii näeme, et pea- ja seljaaju kujul arenemises kaugele edasijõudnud keskse närvisüsteemiga koos võib selgroogseil esineda veel (muidugi tunduvalt muutunud olekus, vastavalt kõigi elundite ümberehitusele) sellistki närvisüsteemi ehitust, mis oli omane madalamalt organiseeritud loomadele. Kuid selgroogseil täidavad need närvisüsteemi ehituse lihtsamad vormid hoopis teist laadi ülesandeid kui alamail loomadel. Meduusi närvivõrk või vihmaussi närvitänkude ahel esineb närvisüsteemi organisatsiooni sellise vormina, mis on küllaldaselt kohaldunud loomade reaktsioonide kooskõrastamisele nende võrdlemisi lihtsais suhtumistes ümbritsevasse keskkonda. Kõrgema organisatsiooniga loomadel, kellele suhted väliskeskkonnaga on keerukamad, taanduvad närvisüsteemi lihtsama ehitusega vormid tagaplaanile ja kohalduvad siseelundite tegevuse reguleerimisele, millel ei ole otseseid suhteid väliskeskkonnaga, piirdudes organismi vastuvõetud toitematerjali ümbertöötamise ja sarnastamisega. Nende iganenud süsteemide asemele tekkis selgroogsete keeruka ehitusega keskne närvisüsteem, mis on

enam kohaldunud loomade keerukamaile suhteile väliskeskonnaga.

Ehkki sümpaatiline närvisüsteem on oma tegevuses teataval määral iseseisev, moodustab see siiski ainult osa kogu närvisüsteemist, seepärast normaalses organismis ja normaalseis tingimustes on selle tegevus alati kooskõlastatud ja seoses kogu närvisüsteemi tegevusega. See sümpaatilise ja tsentraalse närvisüsteemi tegevuse kooskorrastus toimub eriliste sümpaatiliste tuumade varal, mis asetsevad seljaajus ja peaaju mitmesugustes osades.

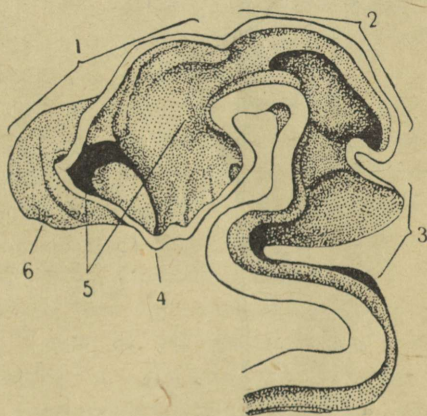
Ka seljaaju ühes oma kooskorrastavate reflektorsete keskmatega ei tööta iseseisvalt, vaid kooskõlas peaaju mitmesuguste osadega. Asetsedes kõrgemal, mõjustavad peaaju eri osad seljaaju tegevust reguleerivalt. Kuigi me esitame näiteid refleksidest, mis toimusid isoleeritud seljaajuga loomas, siiski ei pea me arvama, et normaalsel loomal töötab normaalsetes tingimustes seljaaju samuti iseseisvalt. Vastuoks, peaaju ülesanne seisneb selles, et seljaaju vahendusel nahast ja lihaseist saadud erutusi seostada teistest meeleriistadest saadud erutustega, neid kooskorrastades, ja juhtida siis vastavalt seljaaju tegevust. Isoleeritud seljaajuga loomal järgneb teatavale ärritusele vastuseks teatav refleks, millest mõned teadiased järeldasid, et närvisüsteem töötab kui masin. Tõeliselt aga ei kohta vigastamata närvisüsteemiga loomal iialgi normaalseis tingimustes isoleeritult, masinlikult töötavaid reflekse. Selle vastu, vaadeldes mõnesuguse looma eluviisi, märkame eelkõige tema reageeringute mitmekesisust ja muutlikkust. Eriti on see märgatav kõrgemal arenemisastmel olevail selgroogseil.

Asume nüüd peaaju vaatlemisele.

### III peatükk.

## Piklik ja keskaju, väikeaju.

Loote närvitoru eesotsas asuv põis jaguneb edasises arenemisprotsessis kolmeks osaks: ees-, kesk- ja tagaaju põiteks (joon. 11). Neist põitest tekivad peaažu eri osad. Tagapõiest tekib piklik ja väikeaju, keskmisest — keskaju. Eesmine ajupõis paisub mõlemalt poolt ettepoole (nn.otsaju), neist paisufistest arenevad peaažu poolkerad. Eesmise ajupõie ülejäänud osa muutub vaheajuks. Kõigi peaažu osade teke sünnib ajupõiekeste seinte osade tõhusa ja ebatasase kasvamise tõttu. Selle tagajärjel kaob peagi põiekeste kuju ja neist jäävad järele ainult seesmised õõnsused — nn. ajuvatsakesed.

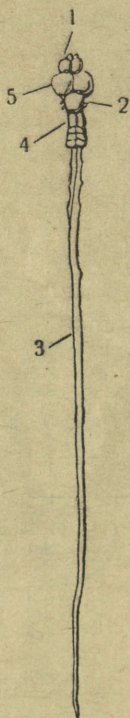


Joon. 11. Inimese loote peaažu.

1 — eesmine ajupõis, 2 — keskmine ajupõis, 3 — tagumine ajupõis, 4 — vaheaju, 5 — poolkera vatsakesed, 6 — otsaju paisutis.

Mida kõrgemal arenemisastmel on selgroogne, seda keerukamaks kujuneb tema peaažu. Iseäranis suuri muutusi teeb

läbi selgroogsete otsaju, andes alguse poolkeradele; kõrgeimail selgroogseil kasvavad poolkerad niivõrd suureks, et katavad pealtpoolt kõik teised ajuosad (joon. 12, 13). Neil loo-



Joon. 12A. Kala pea- ja seljaaju.

1 — otsaju (poolkerad), 2 — väikeaju, 3 — seljaaju, 4 — piklik aju, 5 — keskaju.



Joon. 12B. Linnu pea- ja seljaaju.

1 — otsaju (poolkerad), 2 — keskaju, 3 — piklik aju, 4 — niudepaisund, 5 — kaelapaisund, 6 — väikeaju.

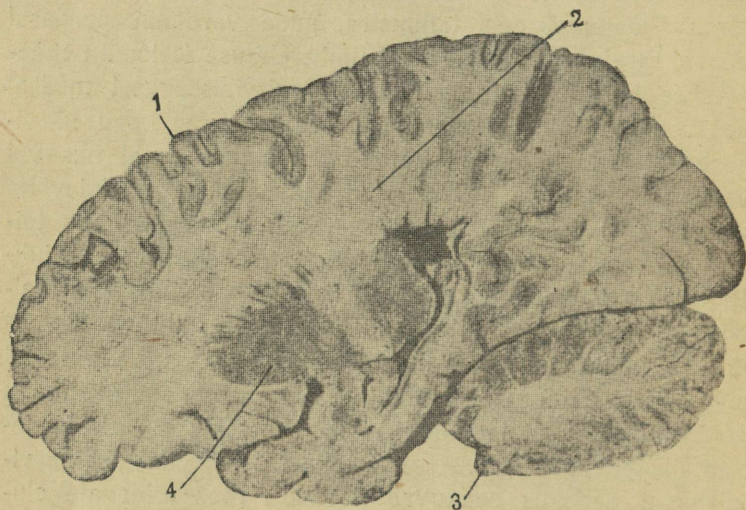
madel, kellel otsaju on veel nõrgalt arenenud, etendavad juhtivat osa teised, peaaju enamarenenud osad, näiteks vahe- ja keskaju. Mida tugevamini areneb selgroogsete reas aju

hilisem osa — otsaju, seda valdavamaks kujuneb selle alitav mõju kõigi teiste, ilmumisjärjekorras ajaliselt vanemate, allpool asetsevate pea- ja seljaaju osade suhtes, mis oma soodu teevad läbi tunduvaid muutusi nii ehitumuse kui ka talitluste osas. Selle ümberehituse juures ilmneb, et vanemate osade talitlus kohaldub üha enam ja enam hilisemate osade talitlustele. Teiselt poolt osalevad vastsetl ilmunud osad tõhusamini neis talitlustes, mida varemini õiendasid allpool asetsevad osad. Selle ümberehituse iseloomu määratakse igal üksikul juhul selle järgi, missugusel määral see või teine närvisüsteemi osa osaleb olendi kogu närvisüsteemi töös. Nii võib kõrgelt arenenud loomal üks või teine närvisüsteemi keskuse osa olla palju nõrgemini välja arenenud kui alamal loomal; see võib manduda, nagu toimub näiteks haistmiskoorega (vt. järgnevalt). Teistel juhtudel kulgeb allpool asetsevate osade areng rööbiti ülalpool asetsevatega (näiteks väikeaju arenemine). Kui vaadelda sugulasloomi omavahel, siis näeme, et sageli erinevad sugulasliikide äärmiste esindajate närvikava osad üksteisest rohkem kui teiste loomade omad, kes tekkelooliselt asenevad üksteisest kaugel. Kõrvalekaldumised üldkäigust närvisüsteemi arengus seletuvad loomade reas erinevate elutingimuste olemasoluga. Niisiis ei või me närvisüsteemi arengut loomariigis kujutella mingisuguse korrapäraselt, otsejooneliselt kulgeva protsessina, vaid vastupidi: see protsess kulgeb vastandlikke, siksakilisi teid mööda, suurte kõrvalekaldumistega, vahel isegi taandarenemistega vanemasse staadiumesse.

Peaaju ja seljaaju koosnevad hallollusest (rakkude kogumik) ja valgeollusest (kiud). Kiud ühinevad suureks hulgakaks üksikuiks kimpudeks, mis kulgevad mitmes suunas ja seovad peaaju osi omavahel ja ka mitmesuguste seljaaju osadega. Nende närviteede abil teostatakse lihe side ning kooskõla pea- ja seljaaju üksikute osade töös. Pool



kerades ja väikeajus paikneb suurem osa rakkudest pindmiselt, tekitades ajukoore (joon. 13). Peaajus paikneb hallollus pindmiselt, valgeollus seespoolset, seljaajus aga vastupidi. Suured hulgid närvirakke on ühinenud tuumadeks, mis asetsevad koorekihi all, valgeolluse sees. Peaaju esineb neuronite liitunud rühmade väga keeruka



Joon. 13. Inimese ajupoolkera ja väikeaju pikilõige.

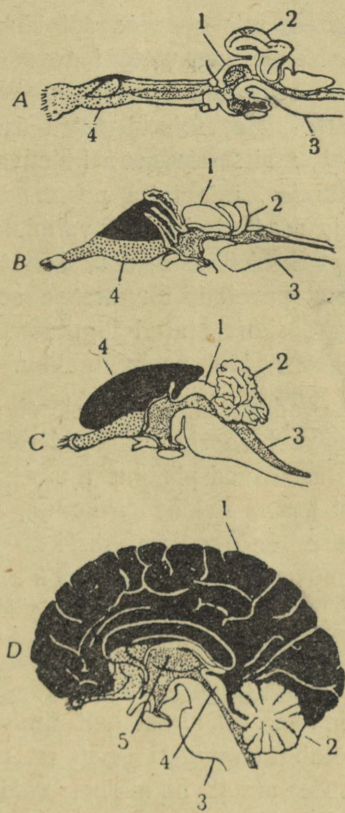
1 — hallollus (ajukoor), 2 — valgeollus, 3 — väikeaju, 4 — koorealused tuumad.

süsteemina, ületades kaugelt oma keerukusega palju lihtsamini ehitatud seljaaju.

Vaatleme nüüd järjest peaaju iga osa, alates piklikust ajust.

Piklik aju (joon. 14) on seljaaju järg ning läheneb sellele ka ehitumuselt. Piklik aju koosneb närvikiudude kimpudest ja nende vahel olevaist rakkudest. Seljaaju närvistab keha ja jäsemeid, piklik aju — suu ja näo

(loomal nokise) piirkonda ja sisaldab keskseid närviaparaate, mis koordineerivad selliseid talitlusi, nagu suuga toiduhaaramine, mälumine, neelamine. Peale selle koonduvad siia ka maitse-erutused, mis kulgevad suu ilanahast



Joon. 14. Otsaju arenemine selgroogseil. Mustjalt on märgitud koore uus osa, punktjalt — koore vanem, haistmisosa.

*A* — kala, *B* — sisaliku, *C* — küüliku peaju: 1 — keskaju, 2 — väikeaju, 3 — piklik aju, 4 — poolkera (otsaju).

*D* — inimese peaju: 1 — poolkera (otsaju), 2 — väikeaju, 3 — piklik aju, 4 — keskaju, 5 — nägemiskülm.

ja keelest erilisi tundenärve pidi. Nende närvide kiud puutuvad piklikus ajus kokku tunderakkudega, mis moodustavad maitsmistuumad. Selle kõrval asetseb teine tuum, mis närvistab süljenäärmeid ja mida nimetatakse süljenõristamistuumaks. Nii on piklikku aju koondunud keskmad, mis on seoses toidu vastuvõtmise ja allaneelamisega. Nende keskmade tegevus on kooskorrastatud samuti kui seljaajuski, mida on kerge tõdeda, kui vaadelda lähemalt, kuidas toimub toidu vastuvõtmine. Toidust põhjustatud maitse-erutused kutsuvad reflektorset esile sülje nõristumise, mis toitu pehmenab, seda keemiliselt mõjustab ja seedimiseks ette valmistab. Samaaegselt algab mälumis- ja keelelihaste kooskõlastatud tegevus. Kui toit on küllaldaselt puretud, tõugatakse see keele, pehme suulae ja kurgu kooskorrastatud liigutuste abil suukoopast kurku ja sealt edasi, läbi neelu, makku.

Ühtlasi asetsevad piklikus ajus siseelundite (hingamis-, südamed jne.) tegevust kooskorrastavad reflektorset keskmad. Peale selle asetsevad piklikus ajus veel liigutamiskeskmad mitte ainult looma nokise piirkonna, vaid ka keha ja jäsemete tegevuse kooskorrastamiseks. Need on need närvikeskmad, mis reguleerivad tasakaalu säilitamist. Senini ei ole me puudutanud seda, kõigis looma liigutustes väga suure tähtsusega küsimust.

Igasugune kehaliigutus, näiteks kõndimine, ujumine, lendamine, ronimine, nõuab kehalt ümbruskonna suhtes õiget seisust. Kaotab keha õige seisust, s. t. tasakaalu, siis loom kukub. Mitte ainult liikumine, vaid ka liikumatult paigalpüsimine nõuab kehalt tasakaalu säilitamist.

Närvimehhanismid, mis teostavad tasakaalu säilitamist, töötavad reflektorset. Ärritused, mis kutsuvad esile tasakaalu säilitavaid reflekse, tekivad sisekõrvas asetsevas istsuguses meele-elundis, nn. vestibulaarses (kuulme-

esikulises) aparaadis, mis koosneb kolmest üksteise suhtes püstloodsest poolringkanalist. Kaldub looma keha normaalsest seisangust kõrvale, nihkuvad samaaegselt paigast ka vestibulaarsed aparaadid, kanaleid täitev vedelik hakkab liikuma ja kallutab kõrvale kanalite siseseintel asetsevad tunderakkude jätked. Saadud ärritus antakse üle piklikus ajus asetsevaile vestibulaarseile keskmeile. Looma kõikumissuunast sõltudes annavad vestibulaarsed keskmed selle ärrituse üle nende lihasrühmade seljaaju tuumadele, millede kokkutõmme on tarvilik tasakaalu jaluseadmiseks, et hoiatada looma kukkumast. Niisiis kulgeb tasakaalustamiskeskmete töö reflektorselt — automaatselt, s. t. iga vähimgi kõrvalekaldumus keha normaalsest seisangust kutsub reflektorselt esile otstarbekohaseid liigutusi, mis keha uuesti tasakaalustavad. Tänu sellele, ülimal määral täpselt töötavale aparaadile on looma liigutustes võimalik see ühtlus ja kindlus, millel looduslikes olustingimustes ja eluvõitlustes on äärmiselt suur tähtsus. Eriti hästi on need keskmed arenenud lindudel ja etendavad ülitähtsat osa tasakaalu säilitamises lennul.

Keha õige seisu säilitamises on tähtis ülesanne ka liikuvailt jäsemeilt saadud erutustel. Niihästi vestibulaarsete kui ka keha teistelt osadelt saadud ärrituste töö kooskorrastamist teostab kõrgemaastmeline koordineeriv organ — väikeaju (*cerebellum*, joon. 14). Väikeaju asetseb piklikust ajust eespool, ja neil loomadel, kellel väikeaju on hästi arenenud, võib see katta kogu pikliku aju. Juba väikeaju asend vestibulaarseist keskmeist eespool kõneleb selle kasuks, et väikeaju on nende suhtes juhtivaks kooskorrastamiskeskmeiks.

Jäsemeteta loomadel, näiteks kaladel, on väikeaju hallolluse närvirakud seostuses peamiselt pikliku aju vestibulaarsete tuumadega. Jäsemetega loomadel lisanduvad vestibulaarseile kiududele veel seljaajust väikeajju suunduvad

kiud, millede kaudu erutused kulgevad liikuvailt jäseseilt väikeajju.

Jäsemete ilmmisega keeruneb kogu keha tasakaalu kooskorrastamine ja väikeajus areneb veel uus tegevuse külg, nimelt jäsemete eneste liikumise kooskorrastamine. See jäsemete tegevuse kooskorrastamine, tänu millele nende liikumine kulgeb ühtlaselt ning tarviliku osavusega, toimub väikeaju abil reflektorselt, peamiselt liikuvate jäsemete lihaste kokkutõmbumisel tekkinud erutuste tulemusena. Järelikult saabuvad väikeajju teated sellest, mis suguses seisundis viibivad need või teised lihasrühmad teatava liikumise sooritamisel ja kuivõrd korrapäraselt liikumine toimub.

Senini me kõnelesime väikeaju ehitusest ja tegevusest loomadel. Kuidas on lugu inimesega? Siirdumisel loomadelt inimesele peab alati arvestama, et inimese närvisüsteem on ehituselt kui ka tegevusomaduste poolest ka kõrgeimalt arenenud looma omast erinev. Mida kõrgemaid närvisüsteemi osi me vaatleme, seda teravamini ilmneb kvalitatiiivne erinevus. Siin käsitletud närvisüsteemi osade ehituses tuleks eriti rõhutada kahte fakti, mis on omased ainuüksi inimesele. Esiteks käib inime püsti, teiseks on inimesel käed. Mõlemad siinnimetatud asjaolud ühes paljude teistega põhjustavad põhilise ümberehituse neis reflektorseis osades, mis reguleerivad keha üldist tasakaalu ja üksikute osade liigutusi.

Eriti selgesti võib seda jälgida inimese väikeaju ehitumuses, mis ületab keerukusega kaugelt loomade oma. Ehitumuse keerulisus väljendub väikeaju poolkerade üsna tõhusas arengus. Nende poolkerade arenemine on omasoodu ühenduses ajupoolkerade arenemisega. Ajupoolkeradest suunduvad närvikiudude kimbud läbi keskaju väikeajju, reguleerivad selle tegevust ja aitavad ühes keskse närvisüsteemi teiste osadega säilitada

keha tasakaalu ning koordineerida jäsemete, eriti käte liigutusi.

Inimkäsi on väga keeruka ehitusega elund, kohanenud tööliigutuste teostamiseks, sellal kui looma jäsemed võivad teostada peamiselt ainult neid liigutusi, mis on tarvilikud kulgemiseks, saagi haaramiseks, keha puhastamiseks ja kaitseks vaenlase eest. Inimese töötava käe liigutused, mis nõuavad erilist osavust, täpsust ja mõõdupärasust, sõltuvad neis omadustes väike- ja suuraju poolkerade ning veel keskse närvisüsteemi mõne teise piirkonna ühi- sest kooskorrastavast tegevusest.

Pikliku ja väikeaju senini vaadeldud, liigutuste kooskorrastamise ja kehaseisuga seostuses olevad keskmed alluvad oma tegevuses peale suuraju poolkerade ühtlasi keskaju asetsevaile keskmäle.

Keskaju keskméis toimub pikliku ja väikeaju reflekside koordinatsioon keskaju enese (nägemis- ja kuulmis-) refleksidega, samuti keskse närvisüsteemi teiste, keha loomuliku seisangu või liikumisega seostuses olevate osade tegevusega. Seepärast häirivad keskaju vigastused järsult keha normaalset seisu ja liikumist, ehkki pikliku ja väikeaju reflektorsed mehhanismid jäävad puutumata ja töötavad korralikult. Peale eespool nimetatud asjaolude oleneb keskaju areng (joon. 14) kahe elundi arenemisest, mis etendavad looma elus eriti tähtsat osa. Need on nägemis- ja kuulmiselundid.

Me selgitasime juba, kui suure tähtsusega on looma eluvõitluses ärritusi kauge maa pealt vastuvõtvad elundid. Nagu nägemis-, nii on ka kuulmiselund suuteline ärritusi vastu võtma kaugelt, ja metsloomade kuulmisérksus tõestab meile selgesti, kui suurt osa etendab nende elus kuulmise areng.

Mitmesuguste loomade keskaju on erineva ehitumuse ja talitlusega ning loomade elus äärmiselt olulist osa eten-

davate nägemis- ja kuulmisärrituste lõppkohana kujuneb keskaju seesuguseks keskmeks, mis omandab teataval määral juhtiva ja alistava osa kõigi temast tagapool asetsevate närvisüsteemi osade suhtes.

Oma rikkaliku seotuse tõttu aju teiste osadega on keskaju keskmeks keerukaile reflektoriseile kooskorrastavaile aparaatidele, mis ühendavad paljudest meele-elundeist väljuvaid ärritusi ja osalevad suurel määral looma reageeringuis. Mida madalama organisatsiooniga on loom, seda enam osalevad reflektorsed aparaadid tema reageeringuis. See on sellest, et peaju poolkerad on neil loomadel nõrgalt arenenud ja peaju on kõige tugevamaks osaks sel juhul keskaju. Huvitavaks näiteks, mis selgitab keskaju tähtsust lihtsama ehitusega selgroogsete reageeringuis, on konna käitumine, kellel keskajust eespool asetsevad ajuosad on eemaldatud. Seesuguse konna käitumist on isegi raske eraldada normaalse konna omast.

Lõpuks tuleb lisada, et keskaju piirkonnas asetsevad silmamuna ja looma teisi liigutusi, eeskätt pea liigutusi kooskorrastavad keskmed.

#### IV peatükk.

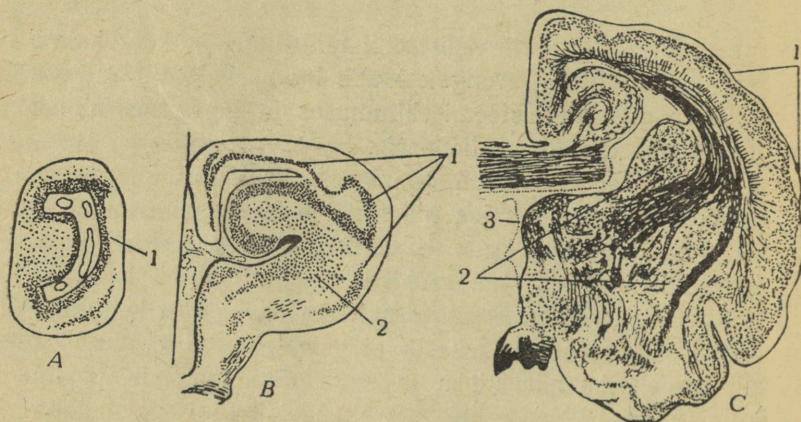
### Loomade peaju poolkerad. Koorealused tängud ja koor.

Siirdume nüüd närvisüsteemi tähtsaima ja keerukaima osa juurde, mille areng etendab loomariigis tähtsat osa looma kogu närvisüsteemi ehitumuses ja tegevuses, nimelt peaju poolkerade vaatlemisele.

Poolkerade arenemine on algselt ühenduses ühe meelelundi arenemisega, mida me siiani pole veel nimetanud — haistmiselundiga. Haistmisrakud asetsevad kaladel nn. haistmikes, pea eesotsas, mis kõrgemal loomadel muutub ninaõõneks. Haistmisrakkudel on kaks jätket, milledest lühem väljub limaskestast pinnale, pikem aga moodustub tundeliseks närvikiuks ja suundub koljuõõnde, peaju eesmise ossa. Nende haistmisrakkude ilmumisega on ühenduses peaju poolkerade vanimat osa moodustavad otsaju väljasopistised, mis otsekui püüdlevad haistmisrakkude poole.

Kui konna ajupoolkerad läbi lõigata (joon. 15), näeme, et nende seinad koosnevad väikeste rakkude kogumikust. Neist algseid haistmiskeskmeid moodustavaist rakkudest lähevad närvikiud tagapool asetsevasse kesknärvisüsteemi osadesse, mistõttu haistmisärritused seostuvad teiste meelelundi ärritustega ja osalevad kogu kesknärvisüsteemi kooskorrastamistöös. Kui teha läbilõige samast kohast mõnel teisel loomal, kellel ajupoolkerad on rohkem arenenud kui konnal, näiteks sisalikul (joon. 15), siis näeme

närvirakkude asetuses palju keerukamat pilti. Siin eraldub sügaval poolkerade seinas asetsevaist närvirakkude kogumikest välisseina pinnale õhuke rakkude kiht. Seda välist kihti nimetatakse ajupoolkerade kooreks. Sisalikul tekkinud ajukoore on õigemini ainult koore süge, kõrgemalt arenenud loomade ajukoore omaga võrreldes on selle talitlus väga algeline. Sisalikul toimib ajukoore peamiselt haistmisärritust tajuva keskmene. Selline koore-sugeme teke esineb tähelepanuväärseima hüpna nii när-



Joon. 15. Poolkerade ajukoore arenemise erisugused arenemistastmed selgroogseil.

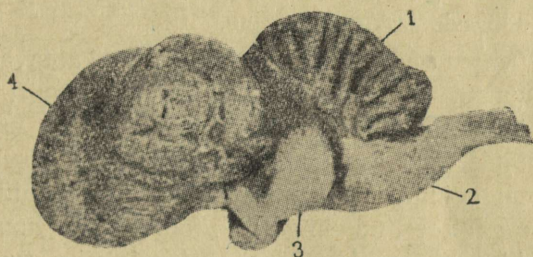
Ristilõige läbi ajupoolkera *A* — konnal (1 — rakkude kogunemine vatsakese ümber), *B* — sisalikul (1 — ajukoore sügenemine, 2 — koorealused tängud), *C* — selgroogseil (kängurul): 1 — ajukoore, 2 — koorealused tängud, 3 — nägemiskülm.

visüsteemi kui ka üldse elava materia arenemises, sest sellega pannakse alus elundi arenemisele, mille kõrgeimaks ja täielikemaks astmeks on inimese ajukoore.

Poolkerade seinte sügavusse püsima jäänud närvirakud muutuvad edasiselt koorealusteks tuumadeks (nii nimetatakse neid seepärast, et need asetsevad koore

all, poolkerade põhjas). Ajukoore ja koorealuste tuumade vahele tekib valgeolluse kiht, mis koosneb mitmes suunas kulgevaist närvikiududest, ühendades koort koorealuste tuumadega ja teiste allpool olevate osadega.

Meenutame teed, mida mööda kulgeb ärritus looma kehast poolkeradeni (joon. 8). Seljaaju sisenevad seljaaju tängurakkude tundekiud suunduvad seljaaju aines, valges aines ülespoole ja juhivad looma kehast saadud ärritused pikliku aju närvirakkudesse, kust neid ettepoole edasi juhatakse. Osa neist ärritustest, nagu juba



Joon. 16. Öökulli peaju.

1 — väikeaju, 2 — piklik aju, 3 — keskaju, 4 — poolkera.

nimetasime, juhatakse pikliku, väike- ja keskaju reflektor-seisse keskmeisse, ärritusi vahendavate kiudude peamass aga kulgeb edasi ja jõuab vaheajuni.

Siia kogunevad ärritusi vahendavad närvikiud ka teisest meele-elunditest, kuulmis- ja nägemiselundist, siia laskuvad peaju kõige eesmisemaist osadest, haistmiskeskmeist ärritusi vahendavad kiud. See vaheaju osa, mida nimetatakse *n ä g e m i s k ü h m u k s* (joon. 8), on tähtis tundetsentrum. See tundetuum astub tihedasse seosesse samas piirkonnas asetsevate koorealuste tuumadega närvikiudude kaudu, mis lähtuvad tundetuumast ja lõpevad oma harudega koorealuste tuumade rakkude läheduses.

Koorealuste tuumade rakkudest algavad kiud laskuvad allapoole ja lõpevad arvukais allpool asetsevais reflektor-seis keskmeis.

Koorealuste tuumade ja nägemiskühmu tähtsus on eriti suur neil loomadel, kellel poolkerade koor ei ole veel hästi välja arenenud, näiteks lindudel (joon. 16). Iseäranis suure tähtsusega on need osad mitmesuguseis keerukais reaktsioones, mis on seoses loomade instinktiivsete toimingutega, nagu näiteks lindude iga-aastased rännakud, pesade-punumine, kobraсте tammideehitamine ja terve rida teisi keerulisi toiminguid ühenduses enesekaitsega, saagi jälgimiseга, soo edasiandmisega jne.

Mida enam ajukoor areneb, seda enam kaotavad koorealused tuumad oma esialgset, looma toiminguid osalevat kõrgemate keskmete tähtsust ja alluvad üha enam ajukoore mõjule, mis asub nüüd juhtima kogu närvisüsteemi looma reageeringuis väliskeskkonnale. Nii muutuvad kõrgemini organiseeritud imetajail koorealused tuumad ajukoore suhtes teataval määral vahendajaiks, tuues sellele ühelt poolt ärritusi meele-elundeilt, teiselt poolt andes edasi ja teostades ajukoorest väljuvaid impulsse. Sellest aga ei järgne, et koorealused tuumad kaotaksid igasuguse iseseisvuse. Nende osatähtsus püsib ka hästi arenenud ajukoorega loomadel, iseäranis instinktiivseis, vaistlikes reageeringuis, kuid ajukoore arenedes alistub koorealuste tuumade tegevus üha enam ajukoorele.

Inimesel ühenduses tema närvisüsteemi tegevuse põhilise kvalitatiivse ümberkorraldusega on, võrreldes loomade närvisüsteemiga, koorealused tuumad neiks keskmeiks, kuhu koondatakse närvireaktsioonide mehhanismid, mis saavad meie elamusi, näiteks *m i m i l i n e r e a k t s i o o n* naerit, nutu, viha puhul jne. Peale selle asetseb siin rida ergukeskmeid, mis soodustavad meie liigutuste ühtlasemat, kergemat ja kiiremat kulgu, s. t. soodustavad kooskorras-

tamist väikeaju ja poolkerade vahel. Epideemilise peaju-põletiku või unitõve puhul, kus haigestuvad peamiselt koorealused tuumad, kaovad haigel, kui haigus on raske, kõik miimilised reaktsioonid, nii et nägu sarnaneb eluta maskiga ja liigutused kangestuvad niivõrd, et inimene ei suuda oma abiga asemelt tõusta, seista ega käia jne.

Alatasa muutuv ümbruskond nõuab ka loomalt võimelgal momendil täpselt neile muutustele reageerida. Neil tingimustel muutub looma käitumine väga keerukaks ja ümbruskonnale peenelt kohastunuks. See võimaldub selle tõttu, et looma käitumises osaleb isesuguste närvimehhanismide tegevus, mis on eriti kohastunud väliskeskkonna kiireile muutustele. See tegevus on tuntud tingreflekside nimetuse all. Kuulus teadlane akadeemik I. P. Pavlov on uurinud tingreflekse peamiselt koeral. Toitumisel nõristavad süljenäärmed sülge, mis toitu niisutab. Selle sünnipärase refleksi, mida vahel nimetatakse ka tingimatuks refleksiks, kutsub esile suu limaskestast ärritus. Kuid sülge võib erituda mitte ainult siis, kui toit on juba suukoopas, vaid ka toidu nägemisel (sel juhul öeldakse, et «suu jookseb vett»). Järelikult kutsuvad siin nägemisärritused esile refleksi, mille tavaliselt põhjustab suukoopa limaskestast ärritus. Akadeemik I. P. Pavlovi katsed näitavad, et sülge eritust võivad ajendada kõige mitmekesised ärritused, kuid tingimusel, et need toimuksid looma toitmisega samaaegselt või veidi enne toitmise algust.

Selle nähtuse olemus seisneb selles, et siin teostub side tingimuslike kõrvaliste ärrituste ja tingimatu refleksi vahel. Seejuures piisab edasiselt pelgast kõrvalisest ärritusest, et esile kutsuda tingimatut refleksi. Tingrefleksi kujunemise tingimuseks on tingimusliku ja tingimatu ärrituse kooskordumine ja nende ühendumine. Tingreflekside tähtsaks omaduseks on nende püsimatus, hääbumisvõime, kui tingärritus kordub mitu korda järgemööda ilma tingimatu

ärrituse toetuseta, näiteks ilma toitmata; sel juhul lakkab tingärrituse puhul sülje eritamine. Kui aga tingrefleksi toetada tingimatuga, s. o. ühes toidu näitamiseга looma ka toita, eritub sülg uuesti reageeringuna juba üheainsa tingärrituse peale.

Pole raske kujutella, kui suure tähtsusega on looma elus tingrefleksid. Nende abil õpib loom tundma üksikute kõrvaliste tunnuste järgi vaenlase või saagi lähenemist ja jõuab niiviisi teostada rea ettevalmistavaid liigutusi kas hädaohu vältimiseks või saagi ründamiseks. Reflekside muutlikkus ja püsimatus võimaldavad loomale täpselt kohaneda olukorra muutustega. Loomade dressuur põhjeneb samuti tingreflekside tekitamisel, mida dresseerija kasutab soovitud suunas.

Tingrefleksid moodustavad närvisüsteemi kõrgeima tegevusvormi sünnipäraste vaistlike reaktsioonidega võrreldes. Need on loomale kõige tundlikumaks meile tuntud reageerimisvahendiks väliskeskkonna poolt esilekutsutud ärrituste peale. Sellega on seletatav reflekside suur tähtsus nende loomade käitumises, kellel need on arenenud kujul olemas.

Missugusel kesknärvisüsteemi osal on suurim tähtsus tingreflekside tekkimisel?

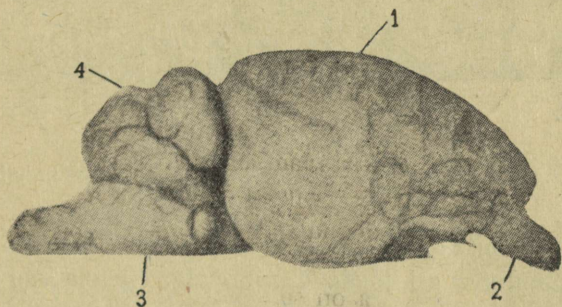
Tingreflekside hulk ja liitsustumine kulgevad loomariigis peaaegu poolkerade koore arenemisega rööbiti. Nimelt on kõrgemad selgroogsed, kellel ajukoor on küllaldaselt arenenud, suurimal määral suutelised kujundama tingreflekse. Järelikult esineb suuraju koor sellise kesknärvisüsteemi piirkonnana, millest oleneb tingreflekside tekkimine.

Missugusel määral võib seda ajukoore omadust selgitada ajukoore ehitumuse iseärasusega?

Vaatleme ajukoore arenemist loomariigis. Eespool me nimetasime juba, et esmakordselt eraldub ajukoor enam-vähem selgesti roomajail (sisalikul) ajupoolkerade pinna

all rakkude õhukese kihina. Näitasime juba ka seda, et roomajate ajalisel vanim ja primitiivsema ehitusega ajukoor on seotud peamiselt haistmisärritustega. Lindudel on ajukoor veelgi nõrgemini arenenud kui roomajail. Seejärest on nende loomade ajupoolkerad veel nõrgalt arenenud, suuruselt need ületavad ainult veidi tagapool asetsevad peaaju osi — kesk- ja väikeaju.

Ainult imetajail jõuab ajukoor võimsa arenemisastmeni: neil tekivad seesugused ajukoore piirkonnad, mis



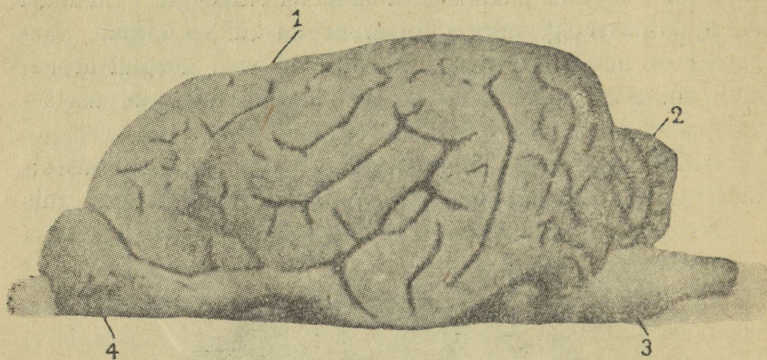
Joon. 17. Kodujänese (küüliku) peaaju.

1 — poolkera, 2 — haistmissagar, 3 — piklik aju, 4 — väikeaju.

haistmisärritustest enam ei sõltu, vaid seostuvad teiste, looma elus tähtsamat osa etendavate meele-elunditega. Mida kõrgemal asetseb loom imetajate reas, seda vähem ja vähem võtavad enda alla ruumi need ajukoore osad, mis on ühenduses haistmisega: need kuuluvad tagasikulgevale arengule, mandumisele. Nende vanade haistmispiirkondade asemele astub uus arenev ajukoore osa (joon.14). Tänu ajukoore uute piirkondade kasvamisele suurenevad ajupoolkerad ja muutuvad ehituselt tunduvalt keerukamaks.

Alamail imetajail, näiteks kukrulistel (känguru), näri- listel (hiir, rott, küülik — joon. 17), säilitavad ajupoolkerad võrdlemisi lihtsa kuju. Nende pind on sile, ajukoore

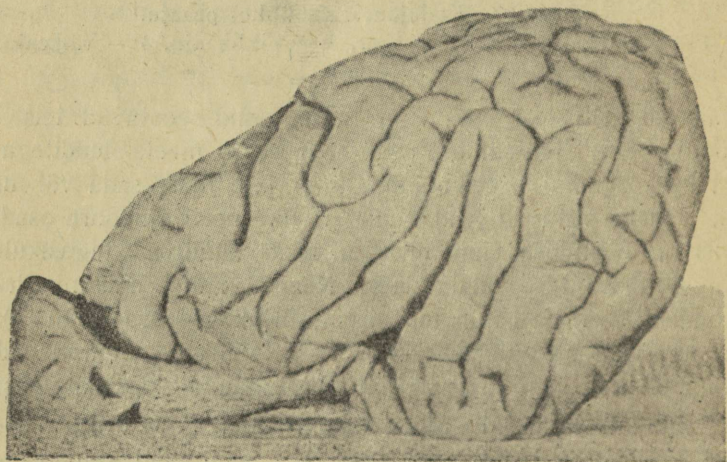
vanem, haistmispiirkond võtab enese alla kaunis suure ala poolkerade alumises osas. Kuid juba kiskjail (koer, karu,



Joon. 18. Koera peaaaju.

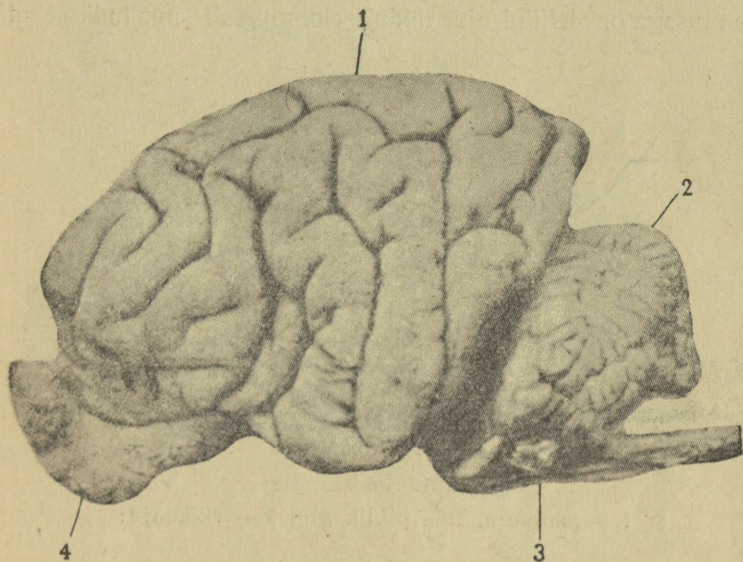
1 — ajupoolkera, 2 — väikeaju, 3 — piklik aju, 4 — haistmissagar.

tiiger — joon. 18, 19, 20), kelle ajukoos on arenemises õige suure sammu edasi jõudnud, suurenevad poolkerad niivõrd,



Joon. 19. Karu peaaaju.

et katavad juba osaliselt aju tagapool asetsevaid osi — kesk- ja väikeaju. Koeral näiteks katavad ajupoolkerad mitte ainult kogu keskaju, vaid ka tunduva osa väikeajust. Kõrgemal ahvidel ja inimesel on ajupoolkerad niivõrd paisunud, et katavad täielikult väikeaju. Koore ürgne haistmispirkond hõlmab neil loomadel vähese ulatusega ala,



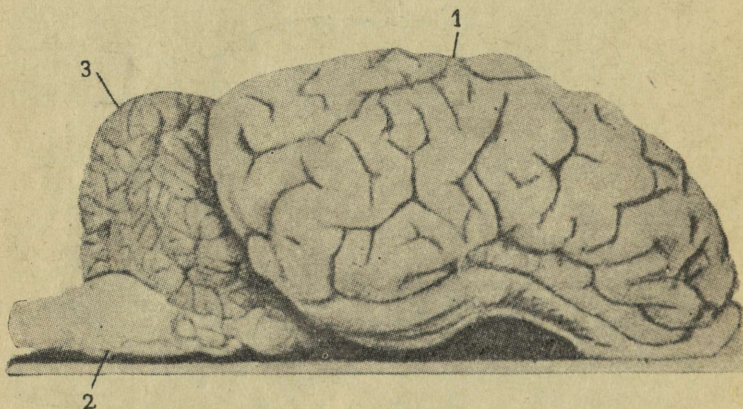
Joon. 20. Tiigri peaaaju.

1 — ajupoolkera, 2 — väikeaju, 3 — piklik aju, 4 — haistmissagar.

kui võrrelda seda koore uue, võimsalt arenenud, kõrgemal astmel oleva alaga. Ühes poolkerade kasvamisega tahapoole toimub nende tagumise osa pöördumine allapoole, mis esineb seda selgemini, mida tõhusamini on poolkerad arenenud. Poolkerade tagumise osa allapoole pöördumine kutsub kõrgemal imetajail esile oimusaagara tekkimise. Poolkerade mõõtmete suurenemisega kaasub tõhus

koore arenemine: poolkerade pinnal tekivad kurrud, kää-  
rud ja vaod.

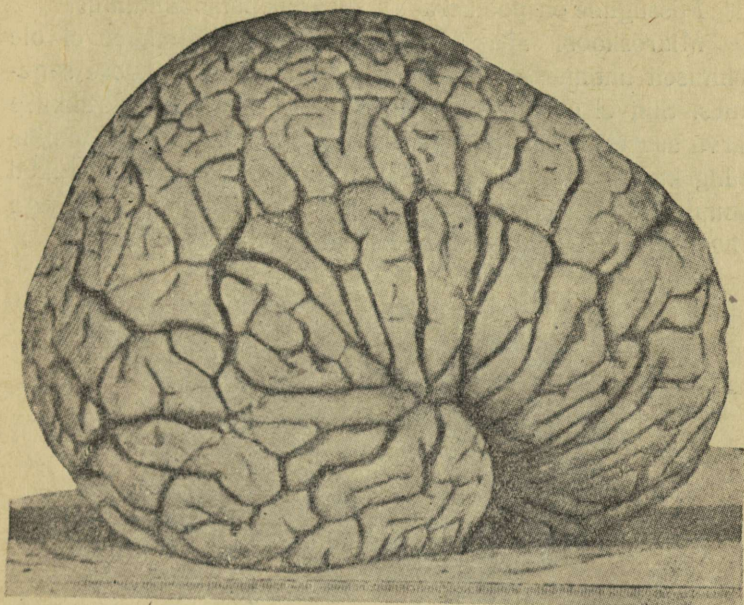
Erinevail loomadel on kurdude ja vagude jaotus aju-  
poolkerade pinnal erinev. Üksteisele lähedal seisvail loo-  
madel, näiteks koeral, hundil ja rebasel, või siis veisel,  
hobusel, põdral (joon. 21) jne., on ajukoore ehituses,  
vagude ja kääruude jaotuses suur sarnasus. Väga isepärase  
ehitusega on delfiini aju, mida iseloomustab suur hulk peeni



Joon. 21. Põdra peaaju.

1 — poolkera, 2 — piklik aju, 3 — väikeaju:

käärusid (joon. 22). Aju välimuse järgi võib otsustada, mis-  
sugusesse perekonda loom kuulub. Kuid mõningail liigirik-  
kail süstemaatilistel rühmadel, näiteks ahvidel, leiame eri-  
nevail liigiesindajail ajupoolkerade ehituses suurt mitme-  
kesisust. Alamail ahvidel (näiteks makaagil) on ajupoolke-  
rad kas päris siledad, ilma kurdudeta, või vaevalt kurrus-  
tatud, kõrgemal ahvidel, näiteks orangutanil, šimpansil või  
gorillal, on poolkerad sellevastu rikkalikult kurrustatud,  
meenutavad inimese aju poolkerasid (joon. 23, 24, 25, 26,  
27 ja 28).



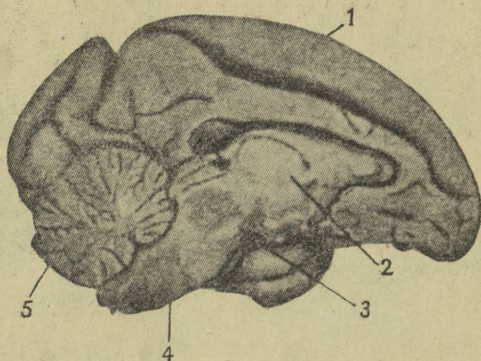
Joon. 22. Delfiini peaju.



Joon. 23. Koerahvi peaju välispind.

Missugune on poolkerade mikroskoopiline ehitumus?

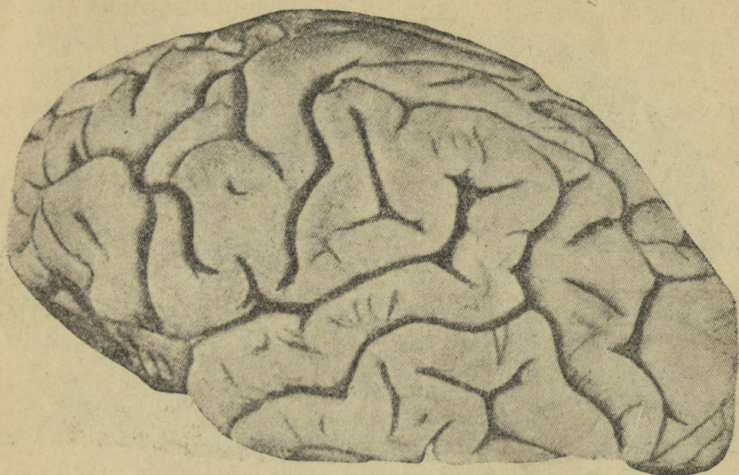
Mikroskoobi abil näeme, et imetajate ajukoore ei ole ehituselt ühtlane, nagu seda nägime sisaliku ajukoore suges. Siin ei avaldu koore arenemine mitte ainult rakkude arvu suurenemises, millega kaasub poolkerade suurenemine ning kurdude ja kääruude tekkimine, vaid ka selles, et rakud muutuvad vormilt mitmekesisemaks, ühenduvad üksteisega ülestikku asetsevaiks rakkude kihtideks (joon. 29).



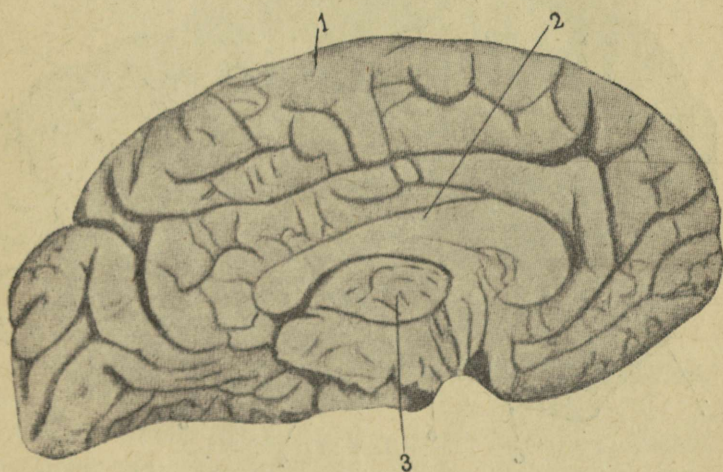
Joon. 24. Koerahvi peaju sisepind.

1 — ajupoolkera, 2 — nägemiskühm, 3 — keskaju, 4 — piklik aju,  
5 — väikeaju.

Ajukoore pinna suuremale osale on iseloomulik üldiselt kuuekihiline ehitus. Neis kihtides on peaelementideks sõmerjad ja püramiidrakud. Nende närvirakkude jätked harunevad mitmes suunas, kuid sõmerjate rakkude kiud ajukoorest ei välju, vaid harunevad teiste kihtide rakkude ümber. Püramiidrakkude kiud on pikad ja sisenevad valgeollusesse, mille kaudu kulgevad kas allpool oleva kihtidesse või seostavad koorepiirkondi omavahel. Valgeollusest läheb hulk närvikiude üles koore suunas, tõuseb koore sees ülespoole ja saadab harusid erisugustesse koorerakku-

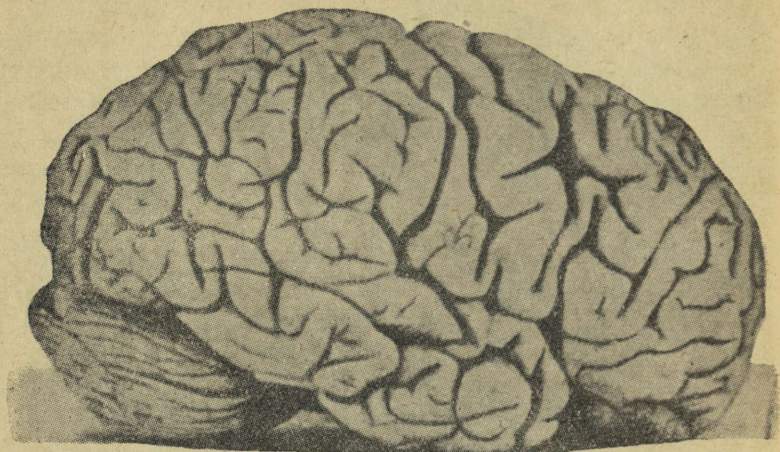


Joon. 25. Orangutani peaaaju välispind.

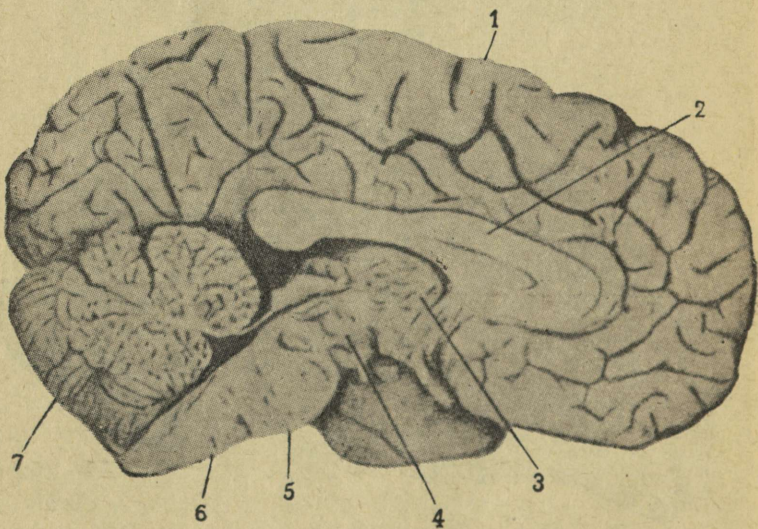


Joon. 26. Orangutani peaaaju sisepind.

1 — ajupoolkera, 2 — möhnkeha (ajupõrk), 3 — nägemiskühm.

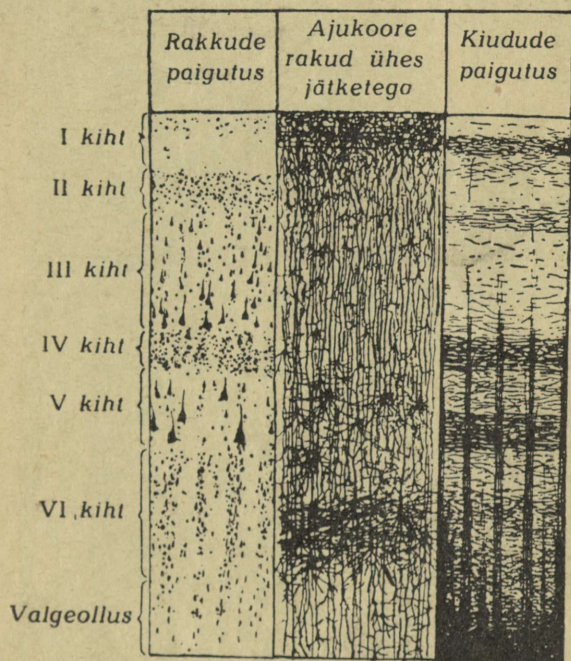


Joon. 27. Inimese peaju välispind (2 korda vähendatult).



Joon. 28. Inimese peaju sisepind (2 korda vähendatult).  
 1 — ajupoolkera, 2 — möhnkeha, 3 — nägemiskülm, 4 — keskaju,  
 5 — Varoliuse sild, 6 — piklik aju, 7 — väikeaju.

desse. Suuraju kooses on selleks kõik tingimused olemas, et levitada erutusi samaaegselt igas suunas aju mitmesugustes piirkondades. Ajukoore seesugune koestus soodustab samaaegselt toimivate ärrituste liitumist või ühendumist, mis omakorda on aluseks psüühilises tegevuses esma-

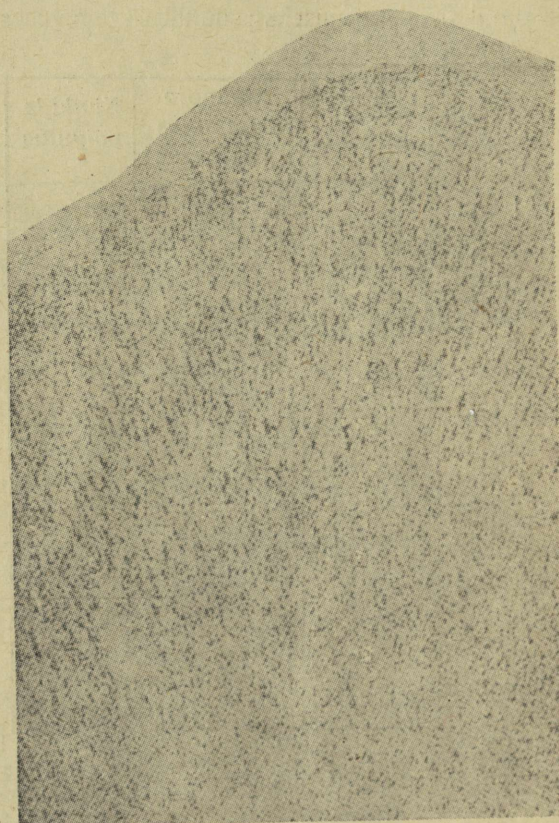


Joon. 29. Inimese ajupoolkerade koore ehitus.

järgulise tähtsusega tegurile — assotsiatsioonide tekkimisele.

Kui arvestada asjaolu, et kõrgemate imetajate ajukoores ületab rakkude arv kõigis teistes kesknärvisüsteemi osades leiduvate rakkude arvu mitmekordselt (inimesel arvestatakse koorerakke 14 miljardi ümber), et seejuures

iga rakk on oma jätkete kaudu ühenduses paljude teiste koorerakkudega, siis selgeneb meie silme ees kogu oma suurejoonelisuses pilt neist peaaegu ammendamatuist võima-

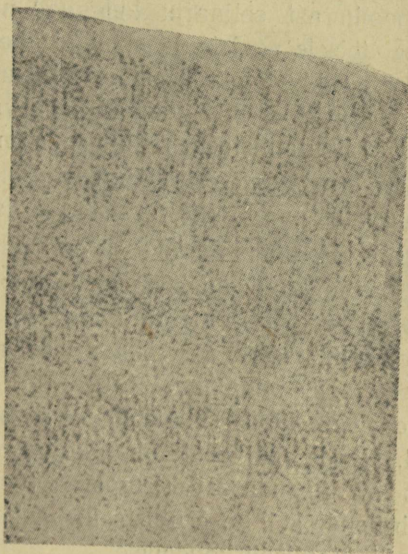


Joon. 50. Ajukoore liigutamisväli (4) 8-kuulisel inimlootel.

lustest, mis tänu ajukoore seesugusele ehitumusele avanevad kõige erisugusemate, ajurakkude kõige mitmekesismaid kombinatsioone hõlmavate erutusvormide tekkimi-

sele. See ajukoore iseärasus on kõigi kõrgesti organiseeritud loomade isepärase olemasolu peegeldus nende eriti muutlikus ja mitmekesisis ümbruskonnas.

Eri kihtide arenemise, nende vastastikuse paigutuse, ka närvirakkude kaju järgi jaguneb imetajate ajupoolkerade koor mitmeks üksteisest erinevaks alaks ehk «väljaks». Kooreväljad erinevad üksteisest ehitumuselt ja talitluselt.



Joon. 31. 8-kuulise inimloote ajukoore nägemisväli (17).

Ühed neist kooreväljadest on peamiselt kõiksugu tundeerutuste vastuvõtmiseks, teised liikumisimpulsside väljasaatmiseks (joon. 30, 31). Koore liigutamiseväljade funktsioon on meile tuntum kui teiste alade oma, sest nende väljadega on tehtud palju katseid. Elektrivooluga üksikuid väikseid alasid liigutamiseväljade piires erutades on tekitatud nii loomadel kui ka inimesel mitmesuguste kehaosade lii-

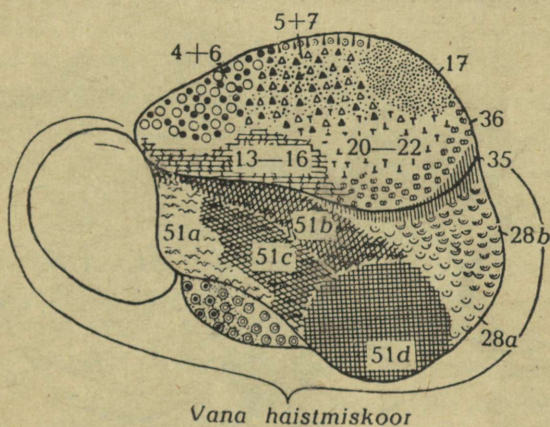
kumist. Üks osa tekkinud erutustest suundub liigutamiseväljast koorealustesse tuumadesse, teine osa neist kulgeb kaugemale alla, kuni seljaaju eesmistele tulpade liigutamise rakkudeni, ja nende abil teostub ajukoore vahetu mõju seljaajule. Koorealuste tuumade ja teiste ajuosade ülesandeks aga on abistada ajukoorest seljaajju suunatud liigutamise ajade teostamist, pannes tegevusse vastavaid kooskõrastavaid reflektorseid aparate.

Ühest ajupoolkerast seljaajju kulgevad närvikiud siirduvad oma teel teisele poolele ja astuvad ühendusse seljaaju vastaspoolsete rakkudega. Iga poolkera tunde piirkonnad on seostuses erutustega, mis tulevad keha vastaspoolseist tunde-elundeist. Liigutamisteede ristumisega on seletatav see fakt, et vasema ajupoolkera liigutamise piirkonna haigestumisel tabab halvatus parempoolset jäset, ja vastupidi.

Ei tule siiski kujutella, nagu teotseks kumbki ajupoolkera omaette ja juhiks ainult keha vastaspoolse toimingu. Mõlemad poolkerad töötavad alati üheskoos. Koostöö saavutatakse poolkerade vahel asetseva erilise, närvikiududest koosneva nideme abil, mida nimetatakse m õ h n k e h a k s. Selle kõrval on veel kiude, mis ühendavad sama poolkera osi omavahel. Nende abil teostatakse koore eri piirkondade koostöö, mis on ühenduses erisuguste tunde-erutustega, samuti toimub nende abil ka erutuste ülekande koore tunde piirkondadelt liigutamise piirkondadele.

Vaatleme nüüd lähemalt imetajate ajukoore mikroskoopilist ehitust. Kui võtame mõne lihtsama organisatsiooniga imetaja, näiteks siili (joon. 32), siis näeme, et tema ajupoolkerade sile pind jaguneb kaheks suureks alaks — ülemiseks ja alumiseks. Alumine ala on seoses ürgse haistmiskiirte funktsiooniga ja ületab veel suuruselt ülemise, ajukoore uuema ala. Ajukoore uuem ala jaguneb mitmeks väljaks, mis erinevad nii kihtide kui ka neid koostavate rakkude iseloomult. Iga poolkera keskel asetseb väli, mis on ühen-

duses kehast tulevate tunde-erutustega. Keskmisest väljast tagapool on kaks välja, milledest ülemine on ühenduses nägemis-, alumine — kuulmiserutustega. Kõige ees asetseb väli, millest väljuvad kõik ajukoore poolt allpool asetsevasse pea- ja seljaaju osadesse saadetavad motoorsed impulsid, liigutamisajad. Niisiis näeme, et siili ajukoore on suhteliselt lihtsa ehitusega ja sisaldab vähe koorevälju.

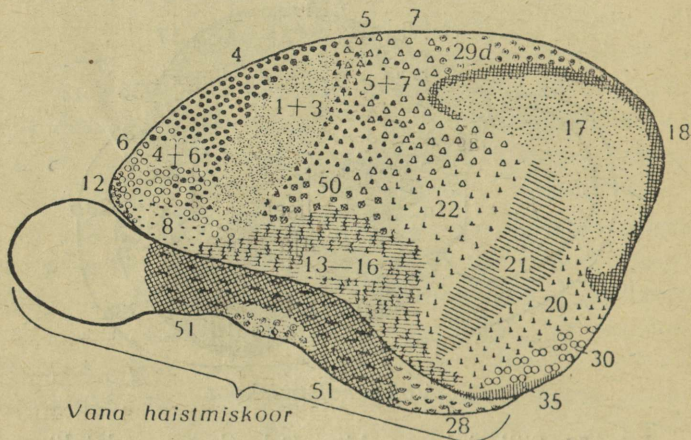


Joon. 32. Siili ajukoore ehitus (2 korda suurendatult).

Kui vaadelda mõne kõrgemalseisva imetaja, näiteks mõne närija peaju (joon. 33), siis näeme, et haistmissagar on, võrreldes ajukoore uue osaga, märksa vähenenud. Ajukoore uue osa keerulisus avaldub suuremas väljade arvus kui siilil. Tuleb juhtida tähelepanu asjaolule, et peale esmaste väljade, mis on seoses keha üldise tundlikkusega (väli 1+3), nägemisega (väli 17), kuulmisega (väli 20, 21 ja 22) ja liikumisega (väli 4 ja 6), tekivad uued väljad, mis siilil puudusid. Uute väljade tekkimine on lõppude lõpuks sõltuv nende erutuste suuremast kvantiteedist ja kvaliteedist, mis kulgevad mitmesuguseist meele-elundeist ajukoore, ka

looma liikuvuse suurenemisest ja teostatavate liigutuste keerulisusest.

Nagu juba öeldud, soodustab suuraju ehitus vastastikuse seose tekkimist mitmesuguste erutuste ja liigutuste vahel. Sedamööda, kuidas toimub mitmesuguseid välisärritusi aistivate meele-elundite arenemine ja keerunemine, toimub suuraju kooses seesuguste piirkondade kujunemine, mis omavad suurimal määral võimet talletada mitmesuguseid



Joon. 33. Küüliku ajukoore ehitus (2 korda suurendatult).

eriti sageli korduvaid reaktsioonide kombinatsioone, mis peegeldavad looma elus väga sagedasti korduvaid, tema olemusvõitluses tähtsaid välismaailma sündmusi.

See mitmesuguste tunde- ja liigutuskombinatsioonide fikseerumine, toimudes looma kogu elu vältel, sadestub tingreflekside tõttu ajukoore vastsetl tekkinud väljadele. Neist väljadest tuleb nimetada kõigepealt seda välja, mis tekib ümber esmase nägemispiirkonna ja mille ülesandeks on talletada mitmesuguseid reaktsioonide kombinatsioone seoses nägemisärritustega (väli 18), siis neid, märksa suurene-

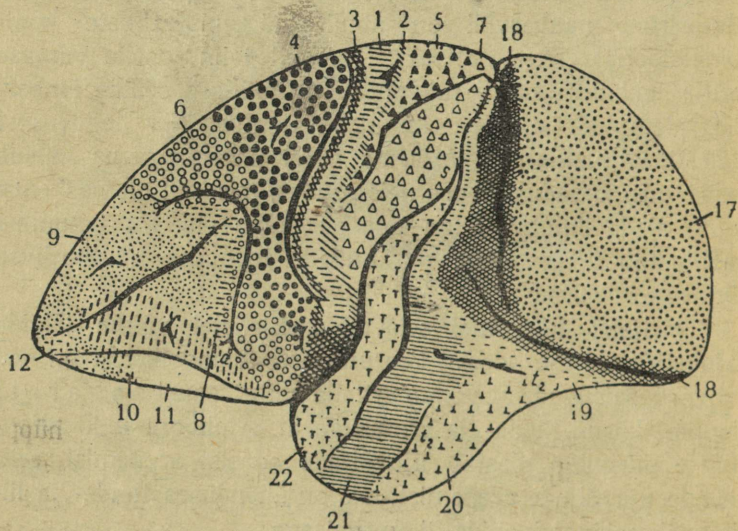
nud välju pealae piirkonnas (väli 5 ja 7), millel nähtavasti on ühendust looma liikumisega seoses olevate ärrituste kinnitumisega. Vastavalt liigutamisreflekside suuremale osatähtsusele ilmub ajupoolkerade eesmistes otstes esmase liigutamisvälja ette uus väli, mille ülesandeks on eriliste liigutuskombinatsioonide fikseerimine. Koos eri väljade arvu suurenemisega eristuvad üksteisest ka nende piirid.

<sup>b</sup> Ehkki ajukoore igal väljal on erinev funktsioon, milles see teistest naaberväljadest erineb, on kõik väljad siiski omavahel seostatud, iga üksiku välja tegevus on pidevaks ja lahutamatuks osaks kogu ajukoore (kogu närvisüsteemi) talitluses kui tervikus. Ei tule arvata, et näiteks esmane nägemisväli võib nägemisärritusi ainult tajuda ning seda ümbritsev naaberväli on ainult nägemisärrituste kombinatsioonide fikseerimiseks. Tõeliselt toimub selle viimase välja tekkides esmase nägemisvälja talitluse selline ümberkorraldumine, et see kujuneb kinnitusvälja tegevusest täiesti lahutamatuks. Mõlema välja ühine tegevus kutsub esile uusi omadusi koore neis osades, mis olid olemas enne uute alade ilmumist. Iga uue piirkonna ehk ala ilmumine põhjustab kõigi teiste piirkondade tegevuse kvalitatiivse ümberkorralduse.

Närijaist kõrgemal seisvail kiskjalistel võime jälgida ajukoore ehituse edasist keerunemist. Ajupoolkerad on neil niivõrd paisunud, et võime eritella mitut suurt s a g a r a t : lauba-, kiiru-, kukla- ja oimusagarat. Ajukoore mikroskoopiline uurimine tõestab ajuväljade edasist arenemist, eriti nende ajuväljade arenemist, mis on ühenduses tunde- ja liikumiskombinatsioonide fikseerimisega.

## Ahvi ja inimese ajukoore võrdlus ühes inimese põlvnemise küsimusega.

Siirdume nüüd huvitavaimasse küsimusse — küsimusse ahvide ja inimese ajukoore ehitumusest ja talitlustest. Sar-

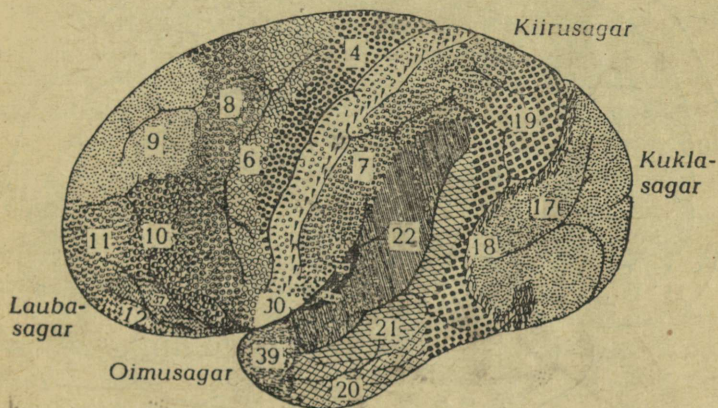


Joon. 34. Alama ahvi (koerahvi) ajukoore ehitus.

nasuse ja erinevuse selgituseks inimese ja ahvi ajukoore ehitumuses võrdleme omavahel kolme aju: alama ahvi (näiteks koerahvi — joon. 23, 24 ja 34), kõrgema (inimesetaolise)

ahvi (näit. šimpansi, orangutani, gorilla — joon. 25, 26, 35) ja inimese aju (joon. 27, 28, 36). Juba väliselt märkame teravat erinevust madalama ja kõrgema ahvi aju ehitumises. Kõrgema ahvi aju sarnaneb kuju, vagude ja käärude käigu poolest rohkem inimese kui madalama ahvi ajuga. Ajukoore väljade pilt näitab suuremat sarnasust inimese ja kõrgemate ahvide kui kõrgemate ja alamate ahvide vahel.

Alama ahvi peaaegu ei erine palju ei vormilt ega kooreväljade asetusest temast madalamal asetsevate loomade

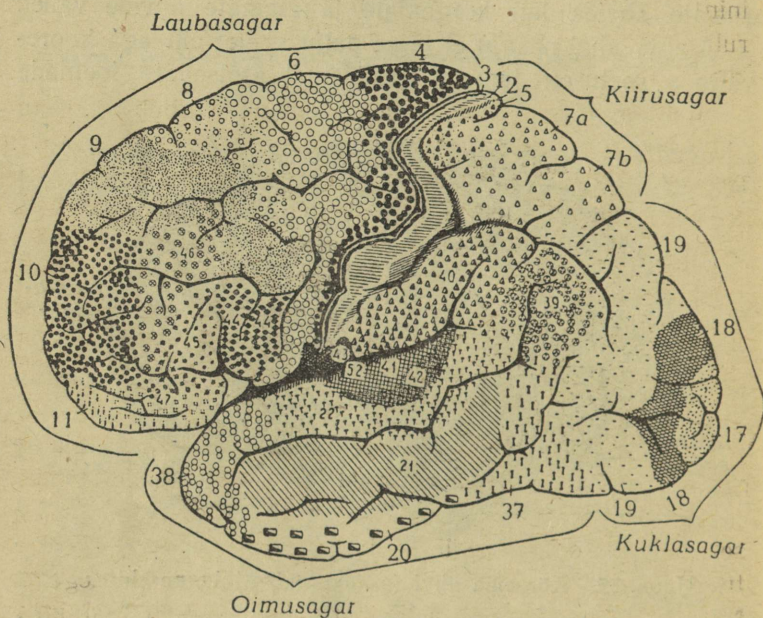


Joon. 35. Kõrgema ahvi (orangutani) ajukoore ehitus.

omast. Kõrgema ahvi aju teeb selles osas järsu hüppe edasi, mis väljendub lauba-, kiiru- ja oimusagara märgatavas suurenemises ühenduses nende sagarate kooreväljade keerunemisega. Nende alade tõhusas arenemises avaldubki suur sarnasus inimese ajuga. Laupmise ala eriti suur paisumine seoses erisuguste liikumisvormide kinnistusega on nähtavasti tingitud ahvide liikuvast eluviisist (ronimine puudel), mis nõuab suurt osavust paljude samaaegsete koostöökorrastatud liigutuste teostamiseks. Loodusliku valiku

mõju närvisüsteemi ehitumusele väljendub siin selgesti: neid ahve, kellel ei arenenud küllaldaselt kiirust ja osavust puieronimiseks, varitses suurem hädaoht ja nad hukkusid kiiremini kui need, kes omasid liikumisosavust.

Ehkki äsjakirjeldatud kõrgema ahvi ajupoolkera erineb oma keerukuse poolest alamalseisvate loomade omast, on



Joon. 36. Inimese ajukoore ehitus (2 korda vähendatult).

see siiski ainult neile alamaile loomadele omaste iseärasuste edasiarenguks. Tõeliselt ei leidu kõrgema ahvi ajus mitte midagi, mis ei oleks ühenduses alamate loomade närvisüsteemi vastavate osadega. Ometi ei seisne arenemine lihtsalt juba olemasolevate algmete kvantitatiivses suurenemises. Muidugi seisneb iga närvisüsteemi osa arenemine esijärjes selles, et seda moodustavate närvikoe elementide hulk

kasvab, kuid see hulga kasvamine paneb teataval momendil aluse uuele kvaliteedile, miiletõttu teatav arenenud osa omandab talitlustes täiesti uue omaduse.

Ehkki kõrgema ahvi aju meenutab tublisti inimaju, erineb see inimajust siiski tugevasti. Peale silmapaistva ületamise suuruses (orangutani aju kaalub keskmiselt 350 g, inimese oma keskmiselt 1400 g) on inimese aju palju keerulisema ehitusega rikkalike ja põimsete vagude ja kääru- rude paigutuselt.

Inimese aju mõlema poolkera pindala võrdub 2000 cm<sup>2</sup> ehk  $\frac{1}{5}$  ruutmeetriga, kusjuures ainult  $\frac{1}{3}$  sellest koore pinnast asetseb pindmiselt,  $\frac{2}{3}$  asetseb vagude põhjas ja kääru- rude vahel. Tähelepanu peab juhtima ka ajukoore eda- sisele lauba-, kiiru- ja oimusagarate arenemisele, kuhu ilmuvad uued alad ja väljad, mis kõrgemal ahvil puudusid või olid alles algelises olundis. Iseäranis tuleb juhtida tähele- panu selle ala märgatavale arengule ja keerukusele, mida täidavad laubakäärud (väli 44, 45, 46) ja alam kiirusagar (väli 39, 40).

Milles seisneb nende, ainult inimesel täieliku väljaare- nemise saavutanud piirkondade tähtsus? Nende tähtsus seisneb selles, et need on ühenduses uute, ainult inime- sele omaste omaduste ilmumisega, nagu keha väljasiruta- tud püstseis, kõnelemisvõime ja käte keeruline tegevus. Need inimese võimed on lõpmatult keerukamad kui kõige komplitseeritumadki talitlused, mida suudavad sooritada kas või nii kõrgestigi arenenud loomad kui inimahvid. Need tegevused, eriti kõne ja kiri, nõuavad suure hulga üheaegsete, üksteisele järgnevate peente ja täpsete liigu- tuste hoolikat kooskõlastamist, mis kõne puhul teostatakse kõneelundite, kirja puhul käe abil.

Kuid asi ei seisnigi siin ainult kvantitatiivses keeru- kuses: need inimesele omased talitlused omandavad ühtlasi kõrgema, kvalitatiivselt uue iseloomu. Nii arenevad uued,

eriliselt uute kõrgemate funktsioonidega kohanenud kooreväljad. Alamas laubakäärus asetsevad erisugused väljad (väli 44, 45), millel arvatakse olevat võime kooskorrastada häälendamisel tekkivaid liigutusi.

Laubasagaras leidub samuti koorealasid, mis on kohastunud inimese käe eriliste liigutuskombinatsioonide fikseerimiseks, samuti alasid, mis soodustavad püstseisangut kahel jalal käimisel. Siit väljuvad teed, mis ühendavad suuraju poolkerasid väikeajuga ja koorealuste tuumadega, millede ühine töö on suunatud tasakaalu säilitamisele. Üleminek neljajalgsest kõnnakust kahejalgsele on erilise tähtsusega, sest sellega vabanes inimese käsi täiuslikuma tegevuse — tööliigutuste teostamiseks.

Ka kiirusagara jõudus areng on ühenduses inimese liigutuste, eeskätt inimese käe liigutuste keerunemisega (väli 39, 40). Siin, nagu arvatakse, fikseeruvad kõiksugu aistingute kombinatsioonid, mida me tunneme ühtede või teiste, peamiselt äraõpitud töö liigutuste juures; tänu sellele on täpsed ja õiged liigutused võimalikud.

Ruumi puudusel ei ole võimalik kirjeldada siin kuigi üksikasjaliselt inimese ajukoore piirkondade mitmesuguseid talitlusi. Inimesel arvatakse olevat ligi 50 koorevälja, kusjuures mõnede kooreväljade talitlust on uuritud väga vähe või peaaegu mitte sugugi. Ühenduses sellega, et inimese parem käsi on vasemast arenenum, tuleks märkida, et aju vasem, keha parema poolega ühenduses olev poolkera võtab mõlema ajupoolkera koostöös ülekaalu. Pealegi paikneb just vasema poolkera laubasagaras see ajukoore ala, mis on kõige enam ühenduses kõnelemisega. Üldiselt peab ütleva, et paljude teistegi funktsioonide suhtes etendab vasem poolkera, võrreldes paremaga, juhtivat osa.

Sellele vaatamata, et looma suhtumised tema ümbruskonda on väga mitmekesised, jääb nende suhtumiste põhi-

liselt iseloomustavaks tunnuseks igasuguse tootva mõju avalduse puudumine loodusele. Engelsi järgi muudab loom loodust ainult oma olemasolemisega looduses. Selles ainult ilmnebki vastastikune suhe looma ja ümbruskonna vahel ja see just määrabki looma kui looma, tema erinevuse inimesest. See kehtib ka kõrgemate ahvide suhtes, kuivõrd nad, olgugi teistest loomadest järsult erinedes ja mõnel määral inimesele lähenedes, jäävad ikkagi ainult loomadeks ning nende suhe loodusesse ei erine teiste loomade suhtumisest.

Hoopis teisiti toimub inimesega. Inimene ei ela mitte ainult looduslikus keskkonnas, vaid on ka ühiskondliku kollektiivi liige. Ühiskondlik keskkond aga on kõige tähtsam: see määrab inimese arengu ja tema eripärasused.

Inimese suhet loodusega iseloomustab tema tootev ja loodust ümberkujundav mõju. Muutused, mis tulenevad inimese mõjust loodusele, avaldavad alati inimese valitsemist looduse üle, looduse alistamist inimesele tema tarvete rahuldamise otstarbeks. Mitte midagi sellist ei leidu loomad. Engels määrab seda inimese olulist erinevust loomast järgmiselt: «Lühidalt öeldes, loom ainult k a s u t a b välisloodust ja põhjustab selles muudatusi lihtsalt oma olemisega. Inimene aga sunnib oma muutmistega loodust oma eesmärkide teenistusse, v a l i t s e b looduse üle. See viimane asjaolu on inimese tähtis erinevus loomadest, selle erinevuse eest võlgneb inimene tänu jällegi tööle (õilsustamine)» (Engels, «Looduse dialektika», 5. tr., 1931, lk. 70).

Viimane lause sisaldab vastuse küsimusele, mis on selle protsessi aluseks, mis põhjustas inimorganismile iseloomulike, seda muudest loomadest teravalt eraldavate tunnuste arenemise. Asja olemus sisaldub selle tähtsuse selgitamises, mida omas inimese arenemisprotsessis töö.

Nimelt töö kui inimühiskonna spetsiifiline iseärasus on selleks põhiliseks teguriks, mille mõjutusel kujunes inimene kõigi temale iseloomulike erinevustega ja mille mõjul on toimunud kogu tema organismi, esijoones inimese ahvilaadse esivanema keskse erkkonna kõrgemate alade ümberkujunemine. Selle kümneid ja sadu tuhandeid aastaid kestnud ümberkujunemise tulemusena omandas praegusaegsete inimesetaoliste ahvide ning inimesegi esivanema peaaegu kõik nüüdisajagi inimese peaaegu iseloomulikud tunnused. Närvikava arenemiskäigus toimus niisiis hiigelhüpe, mis sellest ajast alates pani järsu piiri inimese ja muu loomariigi vahele.

Kuid ilma töövahendite tarvitusega ei ole tööprotsessid võimalikud. Töövahendite kasutamine omaltpoolt eeldab organismi vastavat ehitumust, mis võimaldaks neid kasutada, nii algelised ja ebatäiuslikud kui need töövahendid algul iganes oleksid. Töövahendite kasutamine on ühenduses eeskätt eesjäsemete vabanemisega kõndimisülesandest, mida need täidavad loomal, eesjäsemete ümberkujunemisega esemetehaaramis- ja mitmesuguseid liigutusi teostavaiks elundeiks, s. t. inimese käte väljakujunemisega.

Eesjäsemete vabanemisega kõndimisfunktsioonist ja käteks muutumisega pidi aga kaasuma kehaseisu muutmine horisontaalsest vertikaalseks. Seega pidi toimuma üleminek looma neljajalgsest asendist inimesele omasesse kahejalgsesse püstasendisse.

Kui vaatleme kõrgemaid ahve, näeme ka siin iseloomulikke siirdenähtusi üleminekuks loomalt inimesele. Kõrgemate ahvide uurimine näitas, et nende käitumises esineb omaduslikult uusi nähtusi, mis teistel loomadepuuduvad. Üheks selliseks nähtuseks on ahvi kalduvus siirduda neljajalgsest liikumisviisist kahejalgsse. Liikudes hoivad kõrgemad ahvid keha poolsirges olekus, toetudes maapinnale väljasirutatud kätega ja konksutõmmatud sõrmedega.

Teiseks selliseks nähtuseks on märgatav erinevus ees- ja tagajäsemete vahel, kusjuures eesjäsemed omandavad seesuguseid uusi tunnuseid, nagu haaramis-, kinnihoiu-, kõigepealt aga kompimis- ja viskamisvõime, millega ühendub ahvi käpa silmapaistev ümberkujunemine, lähendades seda ehituselt inimese käele.

Nende erinevuste ilmumine ahvidel on sõltuv ahvide ronivast eluviisist, mille mõjul pidi arenema eriline osavus ja paindumus liigutustes, kõigepealt aga haaramisvõime, mis etendas suurt osa hüplemisel oksalt oksale.

Huvitavad on vaatlused, mis tõendavad, et ahvil on juba kaldumus kasutada mitmesuguseid esemeid tööriistadena: ahv kasutab näiteks keppi puuvilja allalöömiseks puudelt. Kõiki neid nähtusi kriipsutab Engels eriliselt alla oma teoses «Töö tähtsus ahvi inimesestumisprotsessis».

Töövahendite tarvitamine muutis inimkäe ja selle tööliigutused täiuslikumaks, mis omasoodu andis tōukeaju edasisele arengule, esijoones nende ajukoore piirkondade täienemisele, milledest sõltuvad täpselt arvestatud tööliigutused. Kōne sai tarvilikuks ühiskondliku, ühise töö tingimustes, ja tulemuseks oli kōnelemisega seostatud ajukoore piirkondade jõudus arenemine. Me näeme, kuidas töövahendite kasutamise seotud tööprotsessid ajendavad närvisüsteemi muundumist ja täienemist. Ühtaegu toimus aga ka vastupidine protsess: närvisüsteemi täiustumine ajendas käetegevuse täienemist töövahendite käsitemis- ja valmistamisprotsessis, andis võimaluse ka tööprotsessis kasutatavate töövahendite eneste täiustamiseks.

Endastmõistetavalt ei ole ka inimenegi midagi püsivat ja muutumatut. Kümnete aastatuhandete vältel, inimese ilmumisest alates, on tema organism teinud läbi palju üsna olulisi muutusi. Ürgse koopainimese organisatsioonis oli tunnuseid, mis lähendasid teda eelinimese ja inimahvi ühi-

sele esivanemale, ja ainult väga aeglaselt ja järk-järgult edenes tema edasine täienemisprotsess. Nähtavasti etendas neil kõige varasemal arenemisastmel looduslik valik veel teatavat osa, säilitades ainult neid indiviide, kes võitluse loodusega osutasid vastupanu ja püsivust.

Ainult oma praktiliste toimingute tõttu, mis olid suunatud looduse muutmisele töövahendite abil, õppis inimene teda ümbritsevaid nähtusi mõistma, tal tekkisid kujutlused igapäevase eluga seotud nähtustest. Algeliste, ebatäiuslike kujutluste tekkimist näeme juba ka kõrgemal ahvidel näiteks päklikoore purustamisel, kepi kui tööriista kasutamisel puuvilja allalöömiseks.

Ürginimese kujutlused teda ümbritsevast loodusest ja ühiskonnast, mille liikmeks ta oli, olid segased ja tuhmid. Kuid karm tegelikkus teritas ja täiendas järjest tema tähtsamat võitlusvahendit loodusega — tema aju, selgitas tema mõistust, tema teadvust. Tema teotsemised omandavad üha teadlikuma ja plaanikindlama iseloomu, kus juba tegevuse algul koostatakse teostamiskava ja püütakse ette näha võimalikke tulemusi.

Kujutluste ja mõistete arenemise, liitsustumise ja vastastikuse seostumuse alusel hargneb inimhinge kogu ammendamatu mitmekesisus, mis nii järsult eraldab teda teistest loomadest. See omaduslik inimhinge erinevus loomade omast väljendub selles, et inimene võib mõisteid uurida, teostades seega välismaailma ja iseenda süvendatud tunnetamist. Engelse järgi: «Inimeses jõudis loodus iseenda tunnetamiseni».

Karl Marx määrab erinevust, mis ilmneb inimühiskonnale omase teadliku ja mõtteka töö ja looma näivalt aruka tegevuse vahel, niiviisi: «Ämblik teotseb näiliselt nagu kangur, mesilane ületab mõnegi arhitekti oma vahakärgede ehitusega. Kuid iga viletsaimgi arhitekt erineb

kõige osavamast mesilasest selles, et enne kärjekannu ehitamist vahast ta konstrueerib selle oma peas.»

Esitame ühe katkendi Engelsi teosest «Looduse dialektika», kus ta tähelepanuväärse lihtsuse ja selgusega lahendab kõige keerulisemaid probleeme.

«Töö on igasuguse rikkuse allikaks, väidavad majandusteadlased. Töö on selleks tõesti koos loodusega, kust ammutatakse materjale, mille töö muudab rikkusteks. Aga töö on veel lõpmatult rohkem. Töö on inimliku olemasolemise esimene tingimus — ning seda sel määral, et me võiksime teatavas mõttes öelda: töö lõi inimese enda» (Engels, Looduse dialektika, 5. tr., 1931, lk. 61). Ja edasi: «Alguses töö, selle kõrval liigestatud kõnend olid peamisteks jõutajateks, millede mõjul ahvi aju kujunes järk-järgult inimajuks, mis üldehituselt sellest vähe erineb, kuid ületab selle suuruse ja täiuslikkuse poolest» (Engels, «Looduse dialektika», 5. tr., 1931, lk. 65).

Lõpuks esitame järgmise, inimese põlvnemist ahvist ja selles protsessis töö osa hõlmava avardatud määratluse, mis samuti pärineb «Looduse dialektikast».

«Kui aastatuhandeid kestnud katsetuste tulemusena kujunes viimati käsi jalast erinevaks ning püsistus püstne kõnnak, eraldus inimene ahvist ja sai pandud alus liigestatud kõnendile ja aju võimsale arenemisele, mistõttu inimese ja ahvi vahel tekkis ületamatu kuristik. Käe eriomaste talitluste arenemine tähistab tööriista ilmumist, tööriist aga tähendab eriomaselt inimesepärast tegevust, inimese ümberkujundavat mõjuavaldust loodusele, tootmist. Ka loomad omavad tööriistu selle sõna kitsamas tähenduses, kuid ainult oma kehaliikmete kujul, nagu seda võib öelda sipelgate, mesilaste, kobraсте kohta; ka loomad toodavad, aga nende tootev mõju ümbritsevasse loodusesse võrdub nulliga. Ainult inimesel on õnnestunud vajutada loodusele oma pitserimärk: ta mitte ainult ei paigutanud ümber

taime- ja loomariigi, vaid muutis ka enda elamisala väli- muse ja kliima, muutis ka loomi ja taimi niivõrd, et tema tegevuse tulemused võivad kaduda ainult kogu maakera hukkumisel. Ning selle ta saavutas eelkõige ja peamiselt käe abil» (Engels, «Looduse dialektika», 5. tr., 1931, lk. 120). Ja edasi: «Kuid käe arenemisega rööbiti arenes ka pea, tärkas teadvus — algul üksikute praktiliste, kasu- like tegevuste teadvus, ja selle põhjal hiljem paremais elu- tingimustes olevail rahvail ka arusaamine neid kasulikke toiminguid tingindavaist looduseadustest. Aga koos loo- dusseaduste kiiresti kasvava tunnetamisega arenesid ka vahendid looduse mõjustamiseks. Üksi käe abil ei oleks ini- mesed loonud aurumasinat, kui mitte koos käega ja osalt selle abil ei oleks vastavalt arenenud ka aju» (Engels, «Looduse dialektika», 5. tr., 1931, lk. 120).

Lenin kirjutab: «Tunnetus on looduse peegeldamine inimese poolt. Kuid see pole lihtne, vahenditu, terviklik peegeldamine, vaid rea abstraktsioonide, formuleerimiste, mõistete, seaduste jne. kujunemisprotsess, missugused mõisted, seadused jne. (mõtlemine, teadus, «loogiline idee») hõlmavadki tingimusi, ligikaudu universaalset igavesti lii- kuva ja areneva looduse seaduspärasust. Objektiivselt on siin tõeliselt kolm liiget: 1) loodus, 2) inimese tunnetus — inimaju (kui looduse kõrgeim saavutus) ja 3) looduse peegeldumise vorm inimese teadvuses; see vorm ongi mõisted, seadused, kategooriad jne.»

Eespool me vaatlesime üldjoontes närvisüsteemi ehitu- must ja mitmesuguseid funktsioone erinevail arenemisast- meil olevail loomadel, alates alamaist, lõpetades kõrgema ahviga. Me peatusime loomade käitumisküsimusel ja näi- tasime, et mida liitsemaks muutub organism, seda keeru- lisemaks ja mitmekesisemaks kujuneb tema käitumine. Närvisüsteemi, eriti suuraju koore keerunemine laiendab üha enam seda välismaailma piirkonda, millega loom on

kokkupuuteis oma elundite ja liigutuste kaudu. Sellega võimaldub suurem mitmekesisus organismi üksikuis reaktsioonides kui ka organismi kui terviku käitumises.

Seesugune peen ja tundlik vahend, nagu tingrefleksid, etendab väljapaistvat osa selles mitmekesisuses.

Tingrefleksid esitavad kõrgemat tegevusvormi selgroogseil loomadel, võrreldes instinktidega ja sünnipärase reaktsioonidega. Aga vaevalt küll võiks looma kogu tegevuse mitmekesisust seletada ainult tingrefleksidega. Kui keerukad ja arvukad tingrefleksid iganes oleksidki, need ei hõlma looma kogu käitumist. Ja veelgi enam. Nagu juba ütlesime, ei piirdu missuguse tahes organismi tegevus, alates algseimaist, ainult üksikute reflekside või reaktsioonidega, mis saadakse ühest või teisest närvisüsteemi osast, ei piirdu ka ainult närvisüsteemi tööga, vaid esineb organismi kui terviku tegevuse tulemusena.

Mida liitsem on organism, seda keerulisem on vastastikune sõltumus tema üksikute elundite, eriti närvisüsteemi tegevuse ja teiste elundite talitluste vahel. Kõrgesti arenenud selgroogseil on need omavahelised sõltuvussuhted väga liitised, kusjuures närvisüsteemi erisugused piirkonnad, osaledes sel või teisel määral keha kõigi elundite talitlustes ning olles neist mõjustatud, on ühises tegevusprotsessis nendega tihedasti ühendatud. Iseäranis tihe vastastikune side on närvisüsteemi ja sisesekretsiooninäärmete vahel, mis mõjustab kesknärvisüsteemi tegevust, selle toonust, ühe või teise reaktsiooni kiirust jne. Kõik need keerulised vastastikused suhted väljenduvad looma käitumises.

Närvisüsteemi tegevuse kõrgemad vormid, mis väljaarenenud kujul on omased kesknärvisüsteemi kõrgeima organisatsiooniga, eriti aga kõrgesti organiseeritud ajukoorega selgroogseile, avalduvad psüühilises tegevuses. Psüühika arenemine kulgeb ajukoore arenemisega rööbiti.

Just ajukoor on selleks närvisüsteemi osaks, mille tegevusega on eelkõige ühenduses psüühika enamarenenud vormid.

Mingisugune psüühilise tegevuse aste muidugi on omane igale loomale, missugusel arenemisastmel ta polekski. Arusaadav, et madala arenemisastmega ja arenemata ajukoorega loomade psüühilised protsessid on samuti algelised ja kvalitatiivselt palju madalamal tasemel, lähenedes järkjärgult lihtsale aistimisele, samasugusele elava aine, protoplasma algsele omadusele, nagu on ainevahetus, kasv, paljunemine jne.

Mida arenenum on loom, seda täiuslikumal arenemisastmel on ka tema hing kvalitatiivselt, jõudes inimesel suurima täiuslikkuseni. Kui me näeme nii keerukat pilti juba kõrgemate selgroogsete loomade kesknärvisüsteemi kõrgemate osade ehitumuses ja tegevuses, mis esineb psüühilise tegevuse ainelise alusena, kuivõrd mõõtmatult keerukam saab siis olema inimaju, mis ületab looma aju mitte ainult närvirakkude ja -kiudude hulga ja nende omavaheliste seostustega, vaid ka neis toimuvate protsesside kõrgema omadusega.

## VI peatükk.

### **Peaaju erinevused mitmesugustel inimestel. Andekuse sõltuvus ajukoore ehitusest.**

Eespool on juba osutatud sellele, et inimaju on ehituselt kõige keerukam ning selle poolkerade ehitumus ületab keerukuses kaugelt loomade oma.

Tõeliselt ei leia me kunagi ehituselt ühesuguseid ajupoolkerasid. Poolkera pinnajoonis, vagude ja kääruude paigutus on igal inimesendil isesugune. Täie õigusega võime öelda, et mitte ükski inimaju poolkera pole täpselt teise sarnane, nagu ei leidu ka kaht täiesti sarnast nägu. Isegi ühel ja samal isendil erineb üks ajupool kord suuremal, kord väiksemal määral teisest ajupoolest.

Millest oleneb see kordumatu isepärasus ajupoolkerade pinnaehituses?

Aastasadu on inimese mõte püüdnud tungidaaju ehitumuse saladusse, tahtnud mõistatada kääruude ja vagude imeliku, keerulise käigu mõtet ja tähendust. Järk-järgult hakati eristama vagude ja kääruude hulgas põhilisi, suuremaid ja püsivamaid, mis nende või teiste muutustega olid omased igale peaajule. Peale suuremate on veel hulk peenemaid vaokesi ja käärukesi, mida iseloomustavad püsivatus, asetuse ülisuur mitmekesisus erinevais ajudes, kuju muutus, mis esineb isegi suuremais ja püsivamais vagudes ja kääruudes. See asjaolu on ajupoolkerade pinnaehitumuse eespool nimetatud ainulaadse omapärasuse pärispõhjuseks.

Pärast seda, kui oli selgunud katseis loomadega ja inimese peaaju haigestumiste uurimise põhjal, et ajukoore

teatavad alad on seoses teatavate talitlustega (kukla-ala nägemisega, oimuala kuulmisega, tagumine keskne ala kompimisega, eesmine keskne ala liikumisega, alumine lauba-ala kõnevõimega inimesel jne.), tekkis loomulikult mõte seostada neid talitlusi teatavate vagude ja käärudega ülalloeeteldud aladel. Seda teed käisid endised uurijad, ning paljud neist avastustest on säilitanud oma tähtsuse tänapäevani.

Aga pärast seda, kui mikroskoobilise uurimisega oli peaaajukoore ehituse ebaühtlus ja jaotus paljudeks kooreväljadeks kindlaks tehtud, kerkis küsimus hoopis erinevas valgustuses. Näib olevat tõenäone, et just kooreväljad, moodustades vagude ja käärude aine, ongi üht või teist talitlust teostavaiks elundeiks. Järelikult pinnapidine kooreväljade pindade sõltumuse uurimine osutus täiesti küündimatuks. Ilmnes palju ekslikke väiteid eelmiste uurijate töödes, kes ei tundnud veel koore peent mikroskoopilist ehitumust. Ja selgus, et küsimuse peapunkt langeb nimelt mikroskoopilise ehitumuse ja kooreväljade vastastikuse sõltumuse uurimisele, kuna poolkerade välispinna ehituse uurimine peab jääma tagaplaanile.

See muidugi ei tähenda veel, et aju välisehituse uurimine kaotab igasuguse tähtsuse. Tõenäoselt tuleb läheneda sellele küsimusele süvendatult, naaldudes mikroskoopilise ehitumuse tundmisele. Selleks, et otsustada nende või teiste vagude ja käärude ülesande üle koore üldises tegevuses, tuleb esiteks lahendada küsimus, kas teatavad kooreväljad ühtivad vastavate vagudega ja käärudega, ja kui ühtivad, siis millisel määral.

Nende mõlemate probleemide — kooreväljade vastastikuse sõltumuse ja teatavate väljade seostumine vastavate vagude ja käärudega — lahendamine esitab suuri raskusi. Kõigepealt tuleb kindlaks teha, missugusel määral muutuvad kooreväljade suurus ja paigutus ühes ja teises ajus.

Esimesed õpetlased, kes avastasid kooreväljade olemasolu, koostasid ainult skemaatilisi kaarte nende paigutusest ajupinnal — andmete järgi, mis olid saadud väga vähese materjali, kõigest kahe-kolme ajupoolkera uurimise tulemusena.

Mõne aasta eest esmakordselt Moskva Ajuinstituudis alustatud süstemaatiliste uurimuste esimesed sammud näitasid kohe, et tõeliselt on kooreväljade paigutusel igas poolkeras oma erinevused ning need osutavad enam-vähem tugevaile kõrvalekaldumistele üldisest skeemist. Seesuguse uurimise tulemusena ilmnes, et igal ajal on enesepärane, ainult sellele omane kaart väljade paigutumisest ajupinnal. Mida rohkem uuriti mitmesuguseid ajusid, seda mitmekesisemaks kujunesid need kaardid. Praegu on kogunenud küllaldaselt materjali selleks, et saada teatav kujutus muutlikkuse astmest ehk, nagu öeldakse, kooreväljade variaablusest, võrreldes üht aju teisega.

Sel teel koostatud kooreväljade individuaalkaartide kõrvutamine käärude ja vagude omapärase paigutusega vastavais ajudes annab võimaluse tungida sügavamale kooreväljade, käärude ja vagude omavaheliste suhete olemusse. Seejuures selgus, et kuigi täieline ühtumine ühelt poolt kooreväljade, teiselt poolt vagude ja käärude vahel puudub, on nende vahel siiski teatav side olemas. Selgus, et mida püsivamalt ja tüüpilisemalt on uuritavas ajus väljendatud see või teine vagu, seda suurem on tõenäosus, et see hõivatakse teatava, sellele paiknevuselt vastava kooreala poolt. Mõnede suuremate ja püsivamate vagude ja käärude kohta võime täie kindlusega ennustada, misuguse mikroskoopilise ehitumusega on koorollus nende paiknemiskohas.

Nii viisi ajukoore mikroskoopilise ehitumuse ja poolkerade välimuse vastastikuste sõltumuste tundmise alusel me võime juba vagude ja käärude välise joonise järgi luua

endale ligikaudse kujutluse kooreväljade kõige tõenäosemast paigutusest igal üksikul juhul. On arusaadav, kui võrd suur praktiline tähtsus võib sel olla näiteks ajukirurgias.

Siinarutatavad küsimused on ülitähtsad aju ehitumuse ja inimese andekuse seose küsimuses. Selles küsimuses valitseb maailma teaduses veel praegugi suurim segadus ja selgusetus, mis on tingitud peamiselt sellest, et siiani püüti sel või teisel viisil väljapaistvate inimeste peaju ehitumuse iseärasuste üle otsustada ainult väliste, vähem oluliste tunnuste alusel. Täheldused olid organiseerimatu ja juhusliku iseloomuga. Tehti üldisi järeldusi ühekahe vaatluse põhjal. Katsuti leida andekuse ja geniaalsuse põhjust aju kaalulises suuruses. Kuid selgus, et tõeliselt ei ole kindlat sõltumust väljapaistvate inimeste aju kaalu ja nende psüühiliste omaduste vahel. Esitame siin ajukaalu tabeli mõnede inimeste kohta, kes on olnud väljapaistvad mitmesuguseil teaduse-, kunsti- ja ühiskondlik-poliitilise tegevuse aladel.

### Mõnede väljapaistvate meeste ajukaalgrammides

(võetud Moskva Ajuinstituudi muuseumi tabelist).

Kirjanik Turgenev . . . . .	2012 (65-aastaselt)
Teadlane Cuvier . . . . .	1820 (65-aastaselt)
Luuletaja Byron . . . . .	1807 (56-aastaselt)
Luuletaja Majakovski . . . . .	1700 (56-aastaselt)
Filosoof Kant . . . . .	1650 (80-aastaselt)
Teadlane Haeckel . . . . .	1575 (85-aastaselt)
Matemaatik Gauss . . . . .	1492 (78-aastaselt)
Helilooja Schumann . . . . .	1475 (46-aastaselt)
Helilooja Schubert . . . . .	1420 (51-aastaselt)
Teadlane Helmholtz . . . . .	1420 (73-aastaselt)
Teadlane Liebig . . . . .	1362 (70-aastaselt)
Poliitikategelane Gambetta . . . . .	1314 (44-aastaselt)
Kirjanik Anatole France . . . . .	1017 (80-aastaselt)

Tabelist nähtub, et väljapaistva inimese ajukaal võib võrduda keskmisega, ületada seda või olla sellest madalam. Samuti on ka aju maht olulise tähtsusega. Ülalnimetatud ja analoogilised teooriad on tänapäeva teadus ebaõigetest kõrvale heitnud. Ainult igal eri juhul näitab ajukoore mikroskoopilise peenehitumise tundmine kogu ajupoolkera ulatuses, võrdlemisi rohke materjali põhjal kontrollitult, õige tee sellele küsimusele lähenemiseks. Selles suunas on Moskva Ajuinstituudis saavutatud huvitavaid ja paljutöotavaid tulemusi. Näitena võib esitada kuulsa orkestrijahi V. I. Suka ajukoore ehitumust. Selles muusikaaluselt mitteväljapaistvate inimeste ajudest tunduvalt erinevas ajus avastati omapärane kooreväljade jaotus kuulmise ja muusikalise andega ühenduses olevas oimupiirkonnas. V. I. Suka ajus oli iseäranis arenenud inimaju uusim ala oimupiirkonnas, selle poolus. Ka Majakovski aju uurimisel avastati teatav omapära alamkiiru piirkonna mikroskoopilises ehitumuses.

Samal ajal ei leitud mingisuguseid eriomaseid iseärasusi, mis oleksid iseloomustanud eri rahvuste aju ehitumust. Instituut avaldas teose, mis tõendab täie kindlusega, et hälbed keskmisest suuruselt, mis leiti venelaste, hiinlaste, sakslaste, burjaatide, juutide, tatarlaste ja teiste rahvaste ajust, on iseloomult ainult sarnased ja kattuvad täielikult individuaalsete erinevustega. Aju ehitumuses ei leitud seesuguseid erinevusi, mis oleksid kõnelnud kas «kõrgemate» või «alamate» rasside kasuks. Sellevastu ajukoore mitmekesine ehitus, avanedes mistahes rahvuse esindaja aju mikroskoobilises uurimises, on igale rahvale tema kultuurilise arenemise ammendamatu võimaluste tõendiks, kui ainult tingimused selleks oleksid soodsad.

Tänapäeva fašism sellevastu ei peatu ka teaduse andmete kõige jõhkramate võltsimiste ees, et aga tõestada

oma inimvihkavat, nn. «rassiteooriat». Selle eredaks illustratsiooniks on fašistliku «teadlase» Ravitzi töö, kes väidab, et bušmani aju olevat lähemal orangutani kui inimese ajule. Ta väidab seda sel alusel, et bušmani ajukoorrel ei olevat kihilist struktuuri. Kuid kihisus ajukoorres esineb hästi väljakujunenuna juba palju madalamailgi loomadel kui orangutan, näiteks rotil, küülikul, koeral. Kas võib kujutella teaduse jämedamat võltsimist!

## VII peatükk.

### Peaajukoore bioelektrilised voolud.

Päris piiramatud perspektiivid keskse erkkonna tegevuse käsitamiseks avab alles hiljuti alanud peaaju elektriliste nähtuste uurimine. Juba ammu oli teada, et närvisüsteemi tegevust saadab närvikudet läbiv negatiivne elektrilaeng. Esimesena avastas looma (konna) organismis elektriliste nähtuste olemasolu *Galvani* 1791. a.

See ajajärku loov avastus, nagu kõik teised järgnevad arvukad uurimised, puutus peamiselt närvitüvede ja lihaste ehitumusse ja talitlustesse. Mis puutub selja- ja eriti peaajusse, siis nende ehitumuse keerukuse pärast ei andnud uurimused tükil ajal kindlaid tulemusi. Alles viimastel aastatel, tänu tehnika täiustumisele, õnnestus soetada seesugused aparaadid, mis on küllalt tundlikud ja täpsed, et registreerida kesknärvisüsteemis selle puhke- ja tegevuse ajal toimuvaid elektrinähtusi.

See on eriti oluline peaajukoore uurimisel. Koos toimuvad elektripinged on üliväikesed, voldi kümnetuhandikud osad. Et neid küllalt selgel kujul kinni püüda, tuleb neid esijoonel kõvasti tugevdada — mõned kümned või isegi sajad tuhandet korrat. Elektrilaengu tugevdamisaparaat on üsna sarnane raadiotehnikas tarvitatava häälekõvendajaga. Tänu aparaadi pidevale täiustamisele on Moskva Ajuinstituudil õnnestunud viimasel ajal tõsta selle võimsust kuni miljonikordse tugevduseni.

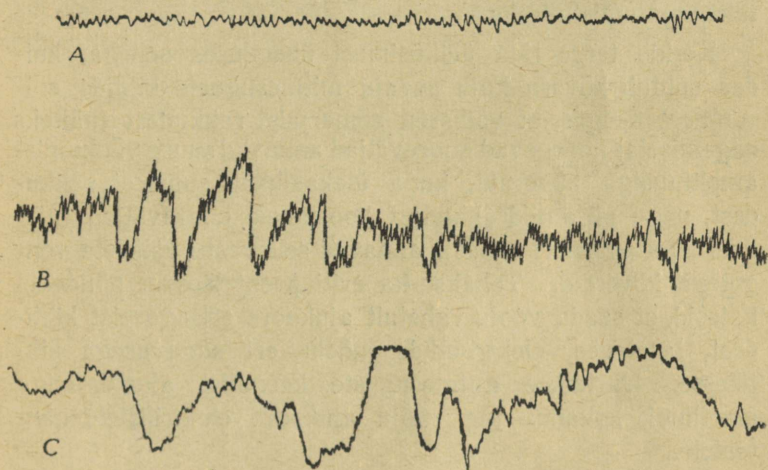
Kuidasviisi uuritakse elektrilisi nähtusi, nn. bioelektrilisi voole peaajukoores ja mida need enesest kujutavad?

Koljukatteist vabastatud paljale looma (küüliku, kassi, koera, ahvi) ajupinnale asetatakse 2 nōelakujulist elektroodi. Elektroodide kaudu koorest eemale juhitud bioelektrilised voolud kanduvad edasi voolutugevdajasse, sealt edasi isemoodi konstrueeritud peeglikesse, pannes selle vibreerima. Reflektorist peeglikesele langev valguskiir peegeldub erilisse väiksesse kaamerasse, kus pidevalt liigub valgustundlik paberilint. Seesuguse seadeldise abil peegelduvad peeglikese vähimad vibratsioonid liikuvale fotolindil hetkeliselt valguskiire vastavate vōngetena, mōrgistudes sellel kōverana, mis pealiskaudsel vaatlemisel näib üsna veidrakujulisena. Fotolint ilmutatakse ja fikseeritakse tavalisel viisil. Fotolindi tarvitamisest tingindub, et kirjeldatud katset toimetatakse pimendatud ruumis.

Mida kujutavad ülalkirjeldatud viisil saadud ajukoore bioelektriliste vōngete kōverad (joon. 37)?

Kuni viimase ajani juhiti voole kogu ajupinnalt, koorepeenstruktuuri erinevusi arvestamata. Ja alles viimastel aastatel hakati (esmakordselt Berliini Ajuinstituudis) katsete abil selgitama, kas ülestāhendatav kōver muutub sõltumuses erisuguseist kooreväljadest saadud vooludest. Neid katseid jätkati ja arendati Moskva Ajuinstituudi elektrofüsioloogilises osakonnas. Saadud tulemused on ülihuvitavad ja avavad ajuteaduses uusi vaatevälju. Ilmnes, et erisuguseist kooreväljadest saadud kōverad erinevad kuju poolest üksteisest teravalt. Sel viisil võime oma silmaga jälgida erinevusi üksikute kooreväljade tegevuses. Edasi selgub, et kōver muutub sõltuvalt sellest, kas uuritav kooreväli on puhkeolekus või aktiivses tegevuses. Kuid kõige üllatavam on see tõsiasi, et mikroskoopilise ehitumuse uurimisel saadud kooreväljade piirid poolkerade pinnal ühtuvad bioelektriliste

voolude registreerimisel saadud kõvera kujumuutuste piiridega. Me näeme, kuidas füsioloogiliste protsesside kulgas vaheldub rööbiti muutustega anatoomilises ehituses. See asjaolu, peale kõige muu, annab uued, väga peened abinõud selle või teise ajuvälja levimisastme määramiseks elava looma ajupoolkera pinnal. See võimalus puudus meil seni, sest kõiki kooreväljade uurimisi toimetati senini mikro-



Joon. 37. Bioelektriliste voolude kõverad ajukoore eri väljadelt. *A* — liigutamispiirkond, *B* — nägemispiirkond, *C* — kuulmispiirkond.

skoobi abil alles pärast looma surma. Teiselt poolt on aga selge, et ainult tänu ajukoore mikroskoopilise ehituse tundmisele avanes võimalus selle meetodi rakendamiseks elava organismi juures.

Uusimal ajal on koore bioelektriliste voolude käsituses tekkinud mitu uurimissuunda, milledest igaüks on areemas ajuteaduse suureks iseseisvaks alaks. Uuritakse eri

loomadel samade kooreväljade bioelektriliste voolude erinevusi. Neid erinevusi kõrvutatakse vastavate loomade ajuväljade ehituse erinevustega. Edasi saadi väga huvitavaid tulemusi nende väljade bioelektriliste voolude uurimisel, mis asusid erutatavate väljade naabruses. Selgus, et nägemisvälja (väli 17) erutades muutub ka naaberväljade kõver. Teadagi, kui suurt tähtsust omab see avastus iga üksiku koorevälja funktsiooni ja ka nende kõigi koostöö tulemuse mõistmiseks.

Kerkib terve rida üldküsimesi ühenduses sellega, kuidas suhtub kõvera kuju peaaegu mitmesuguste kihtide ehitumusse. Selgus, et väikseist sõmerjaist rakkudest (näiteks nägemisala) koosnevad kooreväljad annavad suure võnkumisamplituudiga kõveraid, kuna ülekaalukalt suurtest rakkudest, nagu püramiidrakkudest koosnevad kooreväljad (näiteks liigutamispiirkonnas), annavad sellevastu väikeste võngetega kõveraid. Tehakse ka eriti peent täpsust nõudvaid katseid, et saada voolu vahetult ajukoore erisuguseist kihtidest, asetades elektrootide nõelu eri sügavusega kihtidesse. Uuritakse mitmesuguste keemiliste ainete, nagu morfiumi, kokaiini jne. mõju ajukoore elektrilistele nähtustele.

Moskva Ajuinstituudi uurimused ei piirdu ainult bioelektriliste voolude väliskuju üleskirjutamisega. Saadud kõverad allutatakse keerulisele matemaatilisele analüüsile, mille tulemusena kõver jaotatakse seda moodustavaiks osadeks. Kõver on oma olemuselt väga keerukas: võrdub terve rea teatava tiheduse ja amplituudiga võngete hulgaga.

See töö on alles algastmel, kuid juba on selgunud, et erisuguseist kooreväljadest saadud kõverate erinev kuju sõltub võngete tiheduse ja amplituudide erinevaist kombinatsioonest. Neil kombinatsioonel on igas väljas spetsiifiline, ainult sellele väljale omane iseloom.

Viimasel aastal on Moskva Ajuinstituut katseilt looma-

dega siirdunud inimeste uurimisele. On konstrueeritud eriline, suure tugevdamisvõimega aparatuur, et saada bioelektriliste voolude juhtimiselläbi inimäse vigastamata kolju suurema kontrastiga kõveraid. On juba saadud palju kõveraid, nii terveilt kui ka mitmesuguste ajuhaiguste all kannatavalt inimestelt. Ei ole vajadust rõhutada, kuivõrd suure tähtsuse omandavad tulevikus katsed, mis nüüd on alles algastmel, paljude küsimuste selgitamisel ajukoore kui keskse närvisüsteemi kõrgema osa talitlustega seotud alal.

---

## Kirjandus täiendavaks lugemiseks.

- Шаргородский Л. Я., «Вегетативная нервная система», Медгиз, 1932.
- Фролов Ю. П., «И. П. Павлов и его учение об условных рефлексах», Биомедгиз, 1936.
- Боровский В. М., «Психическая деятельность животных», Биомедгиз, 1936.
- Келлер В., «Исследование интеллекта человекоподобных обезьян», Изд. Комакадемии, 1930.
- Разумков В. П., «Учебник анатомии и физиологии человека», изд. 3-е, Биомедгиз, 1935.
- Гебер Р., «Курс физиологии человека», учебник для медвузов, изд. 3-е, Биомедгиз, 1935.
- Орбели Л. А., «Лекции по физиологии нервной системы», изд. 2-е, Ленбиомедгиз, 1935.

Märkus. Küllaldaselt uus populaarteaduslik kirjandus närvisüsteemi anatoomia ja füsioloogia alalt puudub. Antud nimestikus on loeteldud teosed, mis nõuavad lugejalt põhjalikku ettevalmistust. Kõigile arusaadavad on Šargorodski, Frolovi, Borovski ja Rasumkovi raamatud.

## Aineregister.

- Ahv, ahvid 55, 56, 68—71, 73—75, 88;  
kõrgemad (inimesetaolised, inimahvid) 55, 69—71, 73, 88;  
madalamad (koerahv, ma-kaak) 56, 68, 69.
- Ahvilaadne esivanem 74, eelini-mene 75.
- Ainurakne 3, 5.
- Aistimine 3, 80.
- Aju 3, 25, 27, 31—34, 36, 37, 40, 43, 46, 49, 55, 59, 72, 74, 76—78, 80, 81, 84, 85, 87, 90:  
keskaju 37, 38, 41, 44, 45, 46, 49, 53, 55, 60;  
otsaju 37, 38, 41, 48;  
peaaju 25, 32, 33, 36, 37, 40, 47, 49, 59, 74, 77, 81, 84, 87, 90; piklik aju 37, 40—42, 49, 53, 54, 56, 60;  
seljaaju 25—34, 36, 40, 49, 64, 87;  
suuraju 52, 61, 66, 72, 78;  
vaheaju 37, 38, 41, 49;  
väikeaju 37, 41, 43, 44, 49, 51, 53—56, 60, 72.
- Ajukaal 71, 84, 85.  
— -kaart 83;  
— -koor 40, 41, 47, 48—50, 52, 53, 55, 58, 61, 63, 64, 68, 69, 71, 72, 75, 78—82, 85—88, 90, 91.
- Ajukoore mikroskoopiline ehi-tumus 52, 58, 61, 62, 64, 69, 83, 85, 88, 89;  
— rakud 58, 61, 62;  
— väljad (kooreväljad, väl-jad) — vt. kooreväl-jad.
- Aju poolkerad (poolkerad) 27, 37, 38, 44, 46, 47, 49—51, 53, 54, 56, 58—60, 64, 67, 70, 72, 81, 83, 85, 88, 89;  
nende pindala 71, 81;  
— -teadus 88, 89;  
— -vatsakesed 37, 48.
- Amöob 4, 24.
- Andekus 81, 84, 85.
- Assotsiatsioonide tekkimine 61.
- Autonoomsed närviaparaadid 10, nende automatism 21.
- Bioelektrilised voolud 87—91.
- Delfiini peaaju 56, 57.
- Dressuur 52.
- Eelinimene 74—76.
- Elav materia 5, 19, 48.
- Erutus 8, 18, 32, 34, 43, 49, 62, 64.
- Evolutsioon (arenemine, areng) 3, 5 jj.
- Fibrill: müofibrill 6, neurofib-rill 8, 12, 21, 30, 32, 47, 49.
- Fikseerimine 67, 69, 72.

- Gorilla 56, 69.
- Haistmiselund 47, 64; — -keskmed 47, 49; — -koor 39, 65; — -piirkond 54, 55; — -rakud 47; — -sagar 53—55, 65; — -ärritus 53.
- Hallollus 29, 40, 43.
- Hing 76, 80.
- Hüdra närvirakk 7.
- Imetajad 25, 47, 50, 53, 55, 58, 61, 63, 64, 79.
- Imetajate ajukoos — vt. ajukoos.
- Inimese põlvnemine 68, 77.
- Inimkäsi — vt. käsi.
- Innervatsioon (närvistamine) 10, 16, 17, 40.
- Instinkt (vaist) 24, 50, 52.
- Jooksumehhanism (putukate) 17.
- Kaitsereaktsioon (vt. reaktsioon) 8, 22, 66, 79; — -refleks (vt. refleks) 10, 32—34.
- Kalad 25, 31, 38, 41, 43, 47.
- Keemiliste ainete toimed 23.
- Keskaju (vt. aju) 37, 38, 41, 44, 45, 46, 49, 53, 55, 60.
- Kesknärvisüsteem (vt. närvisüsteem) 52, 79, 80, 87, 91.
- Kiri 71.
- Koer 33, 51, 54, 56, 88.
- Konn 25, 33, 46—48, 87.
- Koordinatsioon (kooskorrastamine) 10, 14, 16, 17, 20—22, 26, 34—36, 42, 44—50, 64, 71, 72.
- Koorealused (vt. ajukoos) tuumad 27, 40, 49—51, 64, 72; tängud 47—49.
- Kooreväljad (ajukoos) 40, 55, 62—72, 83, 85, 88—90; nende variaablus 85.
- Kooskorrastamine — vt. koordinatsioon.
- Kujutluste tekkimine 76.
- Kuklasagar (vt. peaaaju, sagarad) 67, 69.
- Kuulme-esikuline (vestibulaarne) aparaat 43.
- Kuulme-esikulised keskmed 42, 43.
- Kuulmiselund 45, 49; -erutused 65.
- Käitumine 24, 51, 74, 78, 79.
- Käsi, inimkäsi 31, 44, 45, 71, 72, 74, 75, 77, 78.
- Kõne, kõnelemine, kõnend 71, 72, 75, 77, 82.
- Kõrgemad loomad 47, 48, 55, 61.
- Küülik (kodujänes) 41, 53, 66, 88.
- Laubasagar (vt. peaaaju, sagarad) 67, 69, 71, 72.
- Liigutamisajad 64, -juured 30, -keskmed 31, 42, -kiud 27, -kombinatsioonid 72, -närvirakud 13, 27, -piirkond 90, -tuumad 31, 42, -väli 63, 64.
- Lihasarakk 7.
- Liikumiselund 5, 8, 66. — -organelid 5.
- Linnud 25, 38, 43, 50, 53.
- Loode (inimloode) 37, 62, 63.
- Looduslik valik 11, 19, 20, 69, 76.

- Loomad (kõrgemad) 47, 48, 55, 61.
- Maitsemistuum 42.
- Mateeria 3, 5, 8, 19, 48.
- Meduus 6—8.
- Meduusi närvirakk 7, närvi-  
võrkmik 7, 8, 25, 35, närvi-  
süsteem 7, 13, 32.
- Meele-elundid 3, 8, meelerakud  
7, 12, 26.
- Merisiilik 9.
- Meritäht 9 jj.
- Merivähk 21, 22.
- Mesilane 16, 24, 76, 77.
- Mesilase peaajutängud 16, närvi-  
süsteem 16.
- Miimiline reaktsioon  
(vt. reaktsioon) 50, 51.
- Mõhnkeha (ajupõrk) 59, 60 64.
- Mõistus 76, 78.
- Mõtlemine 3, 78.
- Müofibrill 6.
- Neurofibrill (närvi kiud) 8, 12,  
21, 30, 32, 47, 49.
- Neuron (liigutamise-, tunde-) 31,  
32, 40.
- Nidemed 14, ristnidemed 16 jj.
- Nägemisala 90, -elund 20, 25,  
-erutus 65, -väli 63 jm.
- Nägemiskühm 27, 41, 43, 49, 50,  
59, 60.
- Närviaparaadi automatism 21.
- Närvid: liigutamise närvid 13, 27,  
31, 42, tundenärvid 27, 42.
- Närviahelik 15, -erutus 8, 30, 33,  
-impulsid (-ajed) 15, 18  
jm., -keskmed (primaar-  
sed) 13, -kiud 12, 21, 30, 32,  
47, 49, 58, 64, -koor 16, -ku-  
de 8, 70, -mehhanismid 51.
- Närvirakk 6—8, 11, 13, 26, 29, 30,  
34, 49; hüdral 6, 7, meduusi-  
sil 7, 8, vihmaussil 11, 13;  
senssiiblid närvirakud 30.
- Närvirakkude kiht 6.
- Närvirõngas 9, 10.
- Närvistamine (innervatsioon) 10,  
16, 17, 40.
- Närvisüsteem (erkkond) 3,  
6, 8, 14, 15, 25, 32, 35, 44, 61,  
67, 70, 80; hüdra—6, 7; ini-  
mese—44 jm.; meduusi—6,  
7, 8; merisiiliku—10; meri-  
tähe—9; putukate—32;  
selgroogsete—25 jj.; selg-  
rootute—6 jj.; ussi—10, 15,  
25, 32; võrkjas—6, 9.
- Närvitoru 25, -tängud 12, -tüved  
22, 30, -võrk 7, 8, 12, -vää-  
did 9, 10, 21, 22, 30.
- Närvisüsteemi areng 10, 39, ehi-  
tumus 6, 7, 78, eristumine  
7, tsentralisatsioon 16,  
ümberkorrastumisvõime 19.
- Oimusagar (vt. peaaaju,  
sagarad) 55, 67, 69, 71.
- Olelusvõitlus (võitlus olemas-  
olemise eest) 19, 20, 24, 43,  
45, 66, 76.
- Olend ja ümbruskond 23, 24, 51,  
63, 72, 73.
- Orangutan 56, 59, 69.
- Peaaaju (vt. aju) 25, 32, 33,  
36, 37, 40, 59, 71, 74, 77, 81,  
83, 84, 85, 87, 90; ahvi—56,  
71, ahvilaadse esivanema—

- 74, delfiini—56, 57, gorilla—56, 69, hiire—53, hobuse—56, hundi—56, inimese—41, 55, 56, 60, karu—54, koera—56, koerahvi (makaagi)—57, konna—25, kanguru—53, küüliku—53, lehma—56, närilise—65, orangutani—56, 59, 69, pödra—56, rebase—56, roti—53, siili—65, sisaliku—65, šimpansi—56, 69, tiigri—54, öökulli—49.
- Peaaju ehitumus** 84; kaal (ajukaal)—71, 84, 85; koor (vt. ajukoore ehitumus)—84; poolkerad — vt. ajupoolkerad, poolkerad; sagarad — vt. ajusagarad, sagarad; tuumad—40; tänk—21.
- Peamine tänk** 20.
- Pikiväädid** 12, 16.
- Poolkerad** — vt. aju-, peaaju poolkerad.
- Psüühiline tegevus** 79, 80.
- Putukad** 15, 20.
- Putukate edasiliikumine** 16.  
— jooksumehhanism — 17.  
— närvisüsteem — 32.
- Pöied (ajupöied)** 37.
- Pölvnemine (inimese)** 68, 77.
- Pärssivus** 21, 34, pärssimisjaotus 34.
- Püstne kõnnak** 44, 71, 76.
- Püstseisang** 72, 74.
- Rahvaste aju** 85.
- Rakud** 3, 4, 7; ajukoore — 58, 61, 62; liigutamiskud — 34; sidestamis- ehk vahelüli — 31; tunderakud — 7, 34.
- Rassiteooria** 86.
- Reaktsioon** 8, 22, 66, 79; kaitsereaktsioon — 22; miimiline reaktsioon — 50, 51.
- Reaktsiooni kiirus** 79.
- Refleks** 8, 10, 23, 24, 33, 34, 36, 42, 51, 52; kaitserefleks 34; liigutamiskrefleks 67; sügamiskrefleks 33, 34; tingrefleks 51, 79; tingimatu 51.
- Refleksikaar** 30.
- Refleksi muutlikkus** 52, spetsiifilisus 33.
- Reflektorne liigutus** 33, 34.
- Reflektorsed aparaadid** 46, 64, keskmed 36, 42, 49, 50.
- Ristinidemed** 14, 16.
- Roomajad** 25, 52, 53.
- Sagarad** 67, 69; haistmissagar 53, 54, 55; kiirusagar 67, 69—72; kuklasagar 67, 69; laubasagar 67, 69—72; oimusagar 55, 67, 69, 71.
- Seljaaju** 25—34, 36, 40, 43, 64, 87.
- Seljaaju närviväädid** 29, toru 26, tulbad 30, 64, tängud 28.
- Selgroogsed** 32, 34, 35, 38, 41, 48, 52, 79, 80, nende närvi-kiud 32.
- Selgrootud** 6, 33.
- Sensiiblid närvirakud** 30.
- Seostamine** 8.
- Sidestamis- ehk vahelüli-** kud 31.
- Sisalik** 25, 41, 42, 48, 52, 58.

- Sisesekretsiooninäärmed 79.  
 Säsitupp (-ümbris) 32, 33.  
 Sügamisrefleks 33.  
 Süljenõristamistuum 42.  
 Sümpaatilised tuumad 36, tängud 36.
- Simpans 56, 69.
- Taandareng 59, 55.  
 Talitluste jaotus 15.  
 Tasakaal 42—45, 72.  
 Tasakaalu keskmed 42.  
 Teadvus 76, 78.  
 Tingimatu refleks 51.  
 — ärritus 51.  
 Tingrefleks 50, 51, 52, 79.  
 — ärritus 51, 52.
- Tootmine, tootmisprotsess 73, 77.
- Tsentralisatsioon (närvisüsteemi) 16.
- Tulbad (sarved) 30, eesmised 64, selgmised 64.
- Tunde-elundid 64, -erutus 64, -juured (selgmised) 27, 30, -karyakesed 6, 7, -kehakesed 26, -kiud 49, -närvid 27, 42, -piirkond 64, -rakk 6, 7, 12, 15, 27, 30, 42, 43.
- Tundlad 20.
- Tunnetamine 76, 78.
- Tuum (maitsmistuum) 42.
- Töö 72—77.
- Tööliigutused 72, 75, -protsess 74, -vahendid 74—77.
- Üssid 11.  
 Üssi närvisüsteem 15, 25, 32.
- Vaheaju (vt. aju, peaju) 37, 38, 41, 49.  
 Vaherakk 27.  
 Vaist (instinkt) 24, 50, 52.  
 Valgeollus — peaju 40, 49, 58, seljaaju 29.  
 Valik (looduslik) 19, 20, 69, 76.  
 Varoliuse sild 60.  
 Vestibulaarne (kuulme-esikuline) aparaat 43.  
 Vestibulaarsed keskmed 42, 43.  
 Vihmauss 11, 13, 14, 17, 35.  
 Vihmaussi nägemiselund 20, närvirakk 12, 13, närvisüsteem 11, närvitängud 14.  
 Võitlus olemasolu eest (olelusvõitlus) 19, 20, 24, 43, 45, 66, 76.  
 Võrkjas närvisüsteem 6, 9.  
 Väikeaju — vt. aju, peaju.
- Ämblikud 24, 76.  
 Ärritus kaugusest 20, 33, 45, tingimatu 51, tingärritus 51, 52.
- Öökulli peaju 49.
- Ühiskondlik keskkond, kollektiiv 73, 74.  
 Ümberkorastumisvõime 19, 23, 24, 50, 51, 63, 72, 73.  
 Ürginimene 76.



## Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus . . . . .	3
I peatükk. Selgrootute närvisüsteem . . . . .	6
II peatükk. Selgroogsete närvisüsteem. Seljaaju . . . . .	25
III peatükk. Piklik ja keskaju, väikeaju . . . . .	37
IV peatükk. Loomade peaju poolkerad. Koorealused tängud ja koor . . . . .	47
V peatükk. Ahvi ja inimese ajukoore võrdlus ühes inimese põlvnemise küsimusega . . . . .	68
VI peatükk. Peaju erinevused mitmesugustel inimestel. Andekuse sõltuvus ajukoore ehitusest . . . . .	81
VII peatükk. Peajukoore bioelektrilised voolud . . . . .	87
Kirjandus täiendavaks lugemiseks . . . . .	92
Aineregister . . . . .	93

*Vastutav toimetaja*  
*L. Poska-Teiss.*

*Tehniline toimetaja*  
*H. Seletus.*

Ladumisele antud 15. X 47. Trük-  
kimisele antud 21. XII 47. Paberi  
kaust 56 X 79. 1/10. Trükipoog-  
naid 6 1/4. Autoripoognaid 3,6.  
Arvestuspoognaid 4,6. MB 07936.  
Laotihedus trpg. 32500. Tiraaž  
5200. Trükikoja tellimus nr.975.  
Trükikoda „Noor-Eesti“, Tartu.  
Kastani 38.

*Hind rbl. 5.—*

Т. И. Поляков, Эволюция нерв-  
ной системы.

На эстонском языке.  
Эгосиздат „Научная Литера-  
тура“, Тарту.



A  
16558

Rbl. 5.-

Uus hind  
1.85

Rbl. \_\_\_\_\_

0.19

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00756426 5