

Tallinna Tehnikaülikool

Referaat teemal

Motokorteks ja mootorika juhtimine.

Koostanud: Rait Rand
960737 LAE 61

Tallinn 1999

□ Sissejuhatus e. üldiselt mootorika juhtimisest.

Inimese mootorika ja selle uurimine ning kirjeldamine on väga keeruline ja selle sügavam tundmine ning sellest arusaamine teadmisi nii morfoloogiast, inimese anatoomiast kui ka inimese liikumisaparaadi biomehhaanikast kui ka närvi-lihasaparaadi ning kesknärvisüsteemi füsioloogiast. Antud referaadis osutan suurema tähelepanu mootorika juhtimisele kõrgemal tasandil (ajukooses) kuid ülevaate saamiseks kirjeldan ka pisut muid juhtimistasandeid, nagu näiteks tugi ja sihtmootorika juhtimist ja pisut ka spinaalmootorikat.

• Inimese mootorika üldiseloomustus

1. Tugi ja sihtmootorika

Organismi motoorses tegevuses eristatakse kahte põhifunktsiooni:

➤ **Kehahoiakut**

➤ **Liigutustegevust**

Need kaks põhifunktsiooni on teineteisega lahutamatult seotud. Inimesel on võimalik teha sihipäraseid liigutusi vaid siis, kui vastav kehaosa on teatud hoiakus ehk põhiasendis. Selle sama kehahoiaku säilitamiseks on vajalikud teatud liigutused, mis hoiavad ära kõrvalekalded antud kehahoiakus.

Tugimootorikaks nimetatakse mootorset funktsiooni, mis tagab vajaliku kehahoiaku maa gravitatsiooniväljas. Tugimootorne funktsioon on seotud põhiliselt mittetahtelise kehahoiakute ja liigutustega, ehk tegevusega, mis toimub ilma teadvuse osavõtuta. Tugimootorika juhtimises osalevad kesknärvisüsteemi erinevad osad, kusjuures põhilist osa etendavad siin ajutüve motoorsed keskused (punatum, külgmine vestibulaartuum, retikulaarformatsiooni tuumad jm.)

Sihtmootorikaks nimetatakse mootorset funktsiooni, mis avaldub kindla suunitlusega tahtelises liigutustegevuses. Tahtelised liigutused toimuvad teadvuse osavõtul. Automatiseerumisel võivad nad aga kulgeda ka ilma teadvuse osavõtuta. Juhtivat osa tahtelises liigutustegevuses etendavad suuraju poolkerade kõrgemad integratsioonipiirkonnad. Veel ennem liigutustegevuse alustamist luuakse ajus ettekujutus eelseisvast liigutustegevusest ja luuakse selle realiseerimise programm. Motoorse akti sooritamise protsessis viiakse selle täitmise tulemuste (tagasiside) alusel sisse korrektiivid esialgsesse liigutusprogrammi, saavutades sellega liigutusülesande täitmise.

Seega toimuvad inimese motoorse tegevusega seotud protsessid kesknärvisüsteemi erinevate osade keeruka koostöö tulemusena ja tuginevad nii kaasasündinud (tingimatutel) kui ka elu jooksul omandatud ehk *tingimatutel refleksidel*.

Perifeersel (lihaselisel) tasandil on igasuguse motoorse tegevuse aluseks kaks lihaskiudude mehaanilise reaktsiooni vormi:

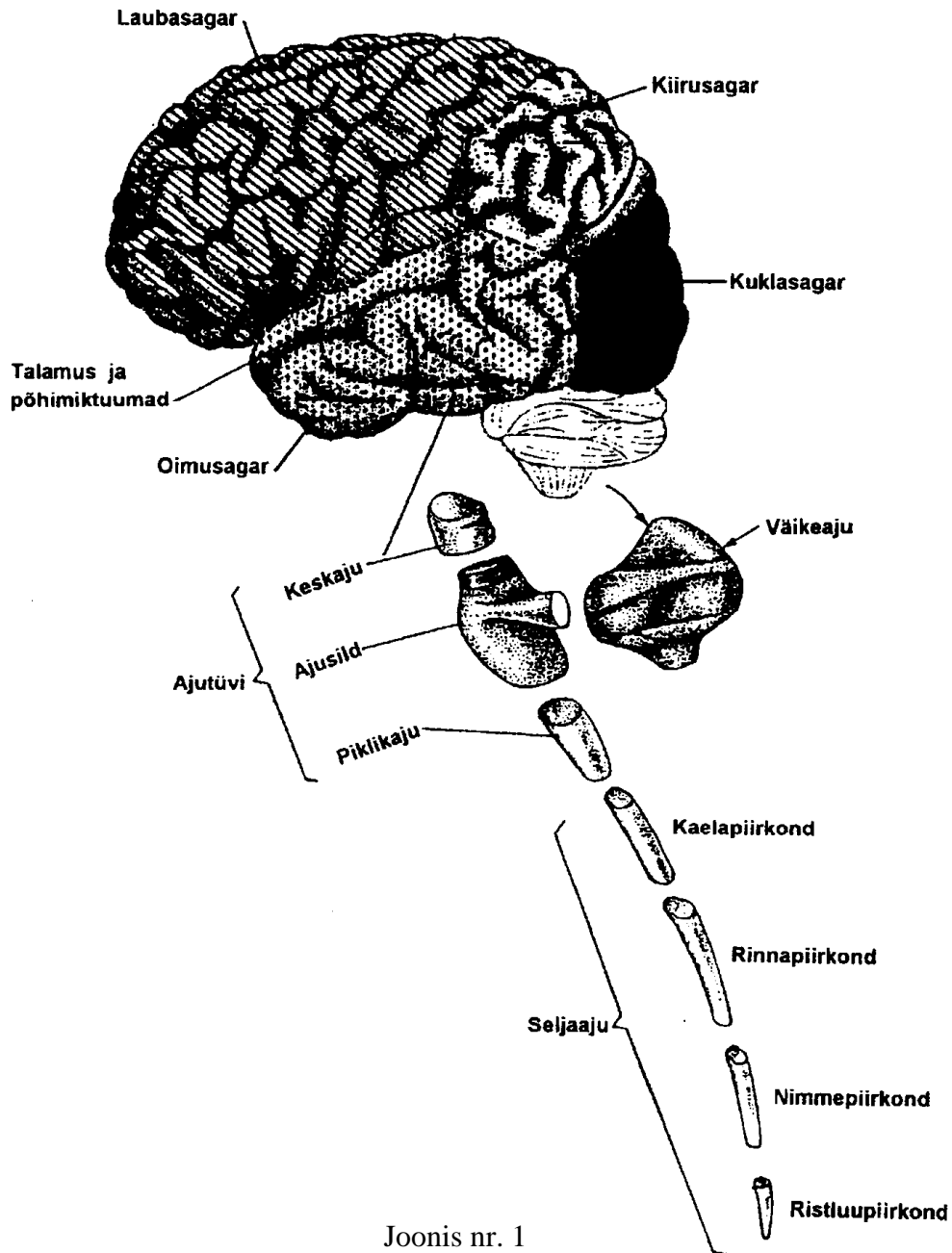
➤ **Tetaanilised kontraktsioonid**

➤ **Kestev tooniline pinge**

Nii liigutustegevusel kui ka kehaasendite säilitamisel tagavad *lihaste tetaanilised kontraktsioonid* nende kiire ja suure jõuarenduse. *Lihasete tooniline pinge*, mis on aluseks kehaasendite säilitamisele maa gravitatsiooniväljas, erineb tetaanilisest kontraktsioonist eelkõige lihaspinge aeglase arengu, suure ökonoomsuse ja lihaskiudude isomeetrilise töörežiimi poolest. Kui kehahoiaku säilitamisel on vajalik suurema lihaspinge arendamine, siis töötavad lihased tetaanilise kontraktsiooni režiimis.

2. Spinaal- ja kõrgem mootorika

Igasugusel ka kõige lihtsamal reflektorsel motoorsel tegevusel on koordineeritud iseloom. Liikumisaparaadi talitluses on koordinatsioonil suur osa. Näiteks sellistel liikumisaktidel nagu jooks ja käimine koordineerimine toimub elusolendi arengus üha keerukamaks muutunud seoste abil paljude närvikeskuste vahel, alates seljaajust ja lõpetades suuraju poolkerade koorega. Seega juhtivat rolli motoorse tegevuse koordineerimisel etendab kesknärvisüsteem mille ehituse tooksin välja ka ära alljärgneval joonisel (joonis nr. 1).



Joonis nr. 1

Sõltuvalt kesknärvisüsteemi hierarhiast võib motoorsed keskused jagada kahte gruppi:

- **Spinaalsed motoorsed keskused**, mis teostavad nn. spinaalmotoorikat

- **Supraspinaalsed motoorsed keskused**, mis teostavad nn. kõrgemat mootorikat.

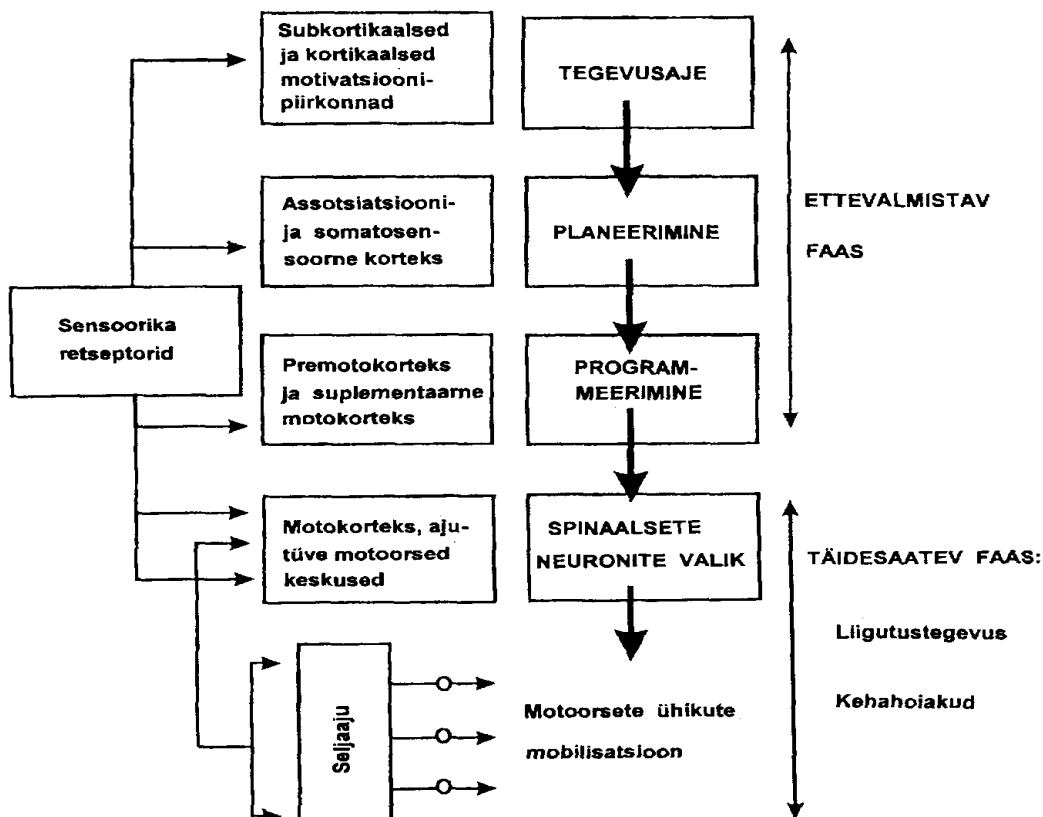
Spinaalmootorika toimub seljaaju tasemel. Spinaalmootorikat suunatakse, korrigeeritakse ja kontrollitakse pidevalt supraspinaalsete keskuste poolt, mida käsitletakse kui **kõrgemat mootorikat**. Kõrgema mootorika tasemel võib omakorda eristada kortikaalset ja subkortikaalset tasandit, mille osakaal siht- ja tugimootorika tasandil on erinev.

3. Mootorsete keskuste paiknemine.

Mootorikat juhtivad struktuurid – **motoorsed keskused** – paiknevad kesknärvisüsteemi erinevatel tasanditel, alates seljaajust ja lõpetades suuraju koorega. Seejuures on tegemist ilmekalt väljendunud keskustevaheliste hierarhiaga, mis on kujunenud fülogeneetiliselt järjest täiustuva motoorse tegevuse kohastumisega vastavalt keskkonnatingimustele ja tegevuse eesmärkidele.

Siinkohal toaksin ka välja motoorse tegevuse juhtimise ja kontrolli tähtsamateks keskusteks olevad struktuurid:

- **Kortikaalsed ja subkortikaalsed motivatsioonipiirkonnad**,
- **Assotsiatsioonikorteks**
- **Premotokorteks**
- **Suplementaarne korteks**
- **Motokorteks**
- **Põhimiktuumad**
- **Väikeaju**
- **Talamus**
- **Ajutüvi**
- **Seljaaju**



Joonis nr. 2

Kõigil neil struktuuridel on inimese kehahoiaku regulatsioonis ja liigutustegevuses kindel roll. Skemaatiline ülevaade mootorset keskusi moodustavate struktuuride põhilistest seostest ning nende osast mootorikas on kirjeldatud ülalnähtaval joonisel (joonis nr. 2):

4. Mootorika juhtimistasandid.

Mootorse tegevuse juhtimises eristatakse tinglikult kolme tasandit: ülem-, kesk- ja alamastet.

Ülemastme juhtimist teostab assotsiatsioonikorteks, kus toimub ettekujutuse loomine eelseisvast mootorsest tegevusest ja seal töötatakse välja ka liigutuste üldine plaan (strateegia).

Keskastme juhtimist teostavad motokorteks, väikeaju, läätstuuma koorikust lähtuv ringseoste süsteem ja ajutives paiknevad tuumad. Need struktuurid töötavad välja taktika, kuidas antud mootorse tegevuse plaani realiseerida. Keskastmel väljatöötatud mootorsed programmid määravad ja korrigeerivad keha tasakaalu, liigutuste suunda, kiirust ja jõudu, samuti liigete jäikust.

Alamastme juhtimist teostab seljaaju, kus motoneuronid muudavad supraspinaalsetest struktuuridest lähtuvad käsklused skeletilihaste aktiivsuseks. Viimast reguleeritakse mootorsete spinaalreflekside kaudu.

See oleks siis kõik sissejuhatuses, ja järgnevalt keskendun mootorika juhtimisele kortikaalsel tasandil.

□ Mootorika juhtimine kortikaalsel tasemel.

Tahtele alluva sihtmootorse tegevuse (liigutustegevuse) puhul seostub lihaste talitlusse lülitamine ajukoore mootorses tsoonis paiknevate püramiidrakkude erutusega. Nende närvirakkude aksonid viivad käsu närviimpulssidena seljaaju motoneuronitele, määrates nende erutumise ja mootorsete ühikute kekruteerumise iseärasused. See mootorse tegevuse kortikaalne tasand realiseerub püramidaalsüsteemi kaudu. Viimane algab suuraju koore mootorsest tsoonist, täpsemalt öeldes *motokorteksist*. Motokorteks koos väikeaju ja põhimiktuumadega on sihtmootorika kõige tähtsamad kõrgemad keskused.

• Motokorteks

Juba rohkem kui 100 aastat tagasi näidati, et mitmesugustel imetajatel on võimalik suuraju koore teatud piirkonna elektrilisel ärritamisel esile kutsuda kontralateraalset jäseme liigutusi. Neid piirkondi hakati nimetama mootorseteks aladeks ehk teiste sõnadega motokorteksiks. Ka inimesel on motokorteks hästi eristatav.

Motokorteksil on:

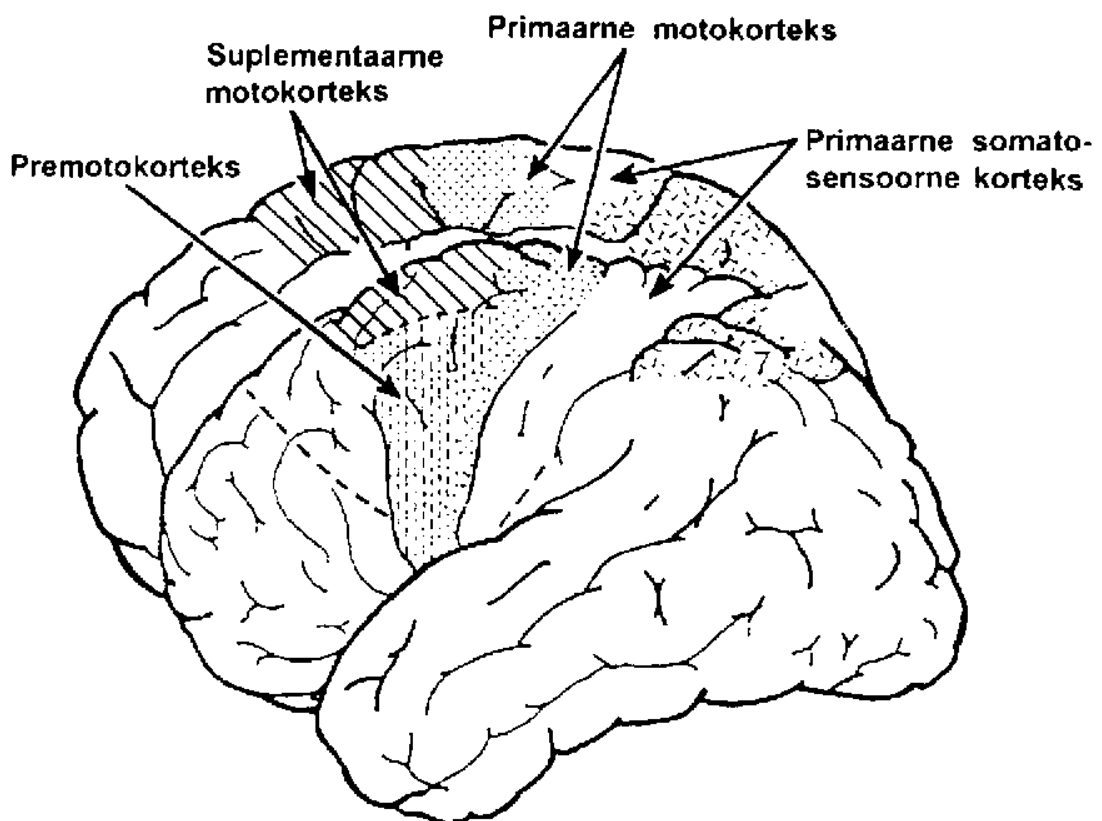
- **Somatotoopiline** (*somatos* – keha + *topos* – koht) **organisatsioon**, s.o. keha perifeeria kindel ruumiline vahetõrje motokorteksi teatud piirkondadega.
- **Keha perifeeria hulgiesindus** paljudes motokorteksi piirkondades.

Motokorteks ei hõlma ainult presentraalkäru nähtavat ala, vaid ulatub ka sügavale tsentraalkäru ja poolkera keskmisele pinnale pretsentraalkäru rostraalsemale.

Motokorteks jaguneb järgnevalt:

1. **Primaarne motokorteks** paikneb presentaalkäärü väljas (joonis nr. 3) Lisaks sellele eristatakse sekundaarseid motoorseid alasid, mis jaotuvad omakorda kaheks osaks: premotokorteksiks ja suplementaarseks motokorteksiks.
2. **Premotokorteks** paikneb motokorteksist eespool väljades 6 ja 8 (joonis nr. 3). Inimesel hõlmab premotokorteks suuraju koostises suure laia ala, olles umbes kuus korda laiem primaarsest motokorteksist. Ahvidel on see suhe 1:1, mis näitab premotoorse ala tähtsust inimese motoorika juhtimisel. See piirkond on rikas püramiidrakkude poolest. Nende rakkude aksonid suunduvad punatumadesse, sabatumadesse, spinaalsete lüli- ja motoneuronite juurde. Välja 6 elektriline ärritamine kutsub esile jäsemete, kere ja pea liikumise vastaskehapoolel. Need liigutused on koordineeritud ja sellega kaasnevad lihastoonuse muutused. Välja 6 üksikute piirkondade ärritamine põhjustab neelamisliigutusi, hingamise järske muutusi ja karjet. Premotokorteksi teatud piirkondade eemaldamine neurokirurgilise operatsiooni tagajärjel põhjustab liigutusvõimuste häirimise, kuigi käe pre-motoorika on samal ajal säilinud. Premotoorse ala teatud piirkondade eemaldamine põhjustab täiskasvanud tervele inimesele mitteomaste reflekside tekkimist. Nii näiteks tekitab selle ala eemaldamine, millest sõltub käe liikumine, haaramisrefleksi elavnemise: peopesa kerge taktiline surve põhjustab tugeva haaramisliigutuse. See meenutab vastündinud laste haaramisrefleksi perioodil, mil eelneb kortikospinaalkulglala funktsionaalsele küpsemisele.

Premotoorsed alad moodustavad koos suplementaarse motokorteksiga tähtsa juhtetee teistest kortikaalsetest aladest ja subkortikaalsetest keskustest (põhimiktuumadest ja väikeajast talamuse kaudu) primaarsesse motokorteksisse. Lisaks sellele seostub premotokorteks kortikospinaal- ja kortiko-retikulospinaalkulglate kaudu ajutüve ja seljaajuga ning on seoses sellega võimeline kontrollima kere- ja ülajäsemete lihaste talitlust.



Joonis nr. 3

3. **Suplementaarne motokorteks** lokaliseerub premotokorteksist mediaalsemalt (joonis nr. 3) . Selle piirkonna läbimõõt ei ületa 1-2 cm. Suplementaarse motokorteksi funktsioon ei ole lõplikult selge. Põhilised aferentsed sisendid tulevad siia põhimiktuumadest talamuse kaudu. Suplementaarse motokorteksi erinevate piirkondade ärritamine näitab, et siin on esindatud kõikide kehaosade lihased. Ärritused põhjustavad kehahoiaku muutusi, millega kaasnevad üla- ja alajäsemete kahepoolsed liigutused. Sageli tekivad selle piirkonna ärritamisel mitmesugused vegetatiivsed reaktsioonid, nagu näiteks südamepekslemine.

Nii primaarne, kui ka sekundaarne motoorne ala saavad sensoorsed projektsioonid keha perifeeriast, mistõttu võib rääkida ka **primaarsest ja sekundaarsest motoorsest korteksist**. Sama analoogia põhjal võib primaarset ja sekundaarset somatosensoorset korteksit nende motoorsete projektsioonide tõttu nimetada ka **sensomotoorseks korteksiks**.

Kokkuvõttes võib niisiis rääkida neljast motoorsest väljast ning vastavalt neljast sensoorsest väljast selle alusel, missugune aspekt (motoorne või sensoorne) on esiplaanil.

- **Suuraju koore motoorsete alade mõju motoorikale**

Suuraju koore motoorsed alad avaldavad motoorikale mõju kolmel viisil

1. Otseselt motoneuronitele kas motosünaptiliselt või väheste lülineuronite vahendusel.
2. Kaudselt üle teiste motoorsete keskuste.
3. Veelgi kaudsema mõjutusega informatsiooni ülekandele ja töötlusele sensoorsetes projektsioonituumades, nagu talbtuum või talamus.

Motokorteks ei osale kaasasündinud ja omandatud sihtmotoorsete liigutuste plaani (kava) koostamisel. Teda võib pidada üheks viimaseks supraspinaalseks instantsiks kortikaalselt indutseeritud liigutustegevuse plaani muutmisel liigutustegevuse programmiks. Motokorteksiga algab nende neuraalsete struktuuride ahel, mis tagavad vastava liigutuse teostuse.

Liigutustegevuse planeerimisel on motokorteksile ette lükatud talamus ja põhimiktuumad. Seejuures on talamuse käsutuses kogu somatosensoorne informatsioon, mida on võimalik kasutada planeeritud motoorse programmi korrigeerimisel. Talamuse kaudu on motokorteksiga seotud nii põhimiktuumad kui ka väikeaju ning neid vaadeldakse, kui hierarhiliselt võrdväärseid keskusi, mis osalevad kortikaalselt indutseeritud liigutuste programmeerimisel.

Kasutatud kirjandus:

David H. Ingvar "Brain Work"

"Inimese füsioloogia" Tallinn 1974

Mati Pääsuke "Motoorika juhtimine" Tartu 1997

D.H. Ford "Atlas of the human brain" 1978