

## **Juhend peaaju funktsioonide täieliku ja taaspöördumatu lakkamise, so. ajusurma, tuvastamiseks.**

**Ajusurm on organismi kui terviku hukkumine peaaju funktsioonide täieliku ja taaspöördumatu lakkamise tõttu.**

### **1. Peaaju funktsioonide täieliku ja taaspöördumatu lakkamise tuvastamise kord.**

1.1 Otsus surma tuvastamise kohta ajusurma kujul võetakse vastu arstide komisjoni poolt, koosseisus: anestezioloog ja neuroloog (neurokirurg).

1.2 Komisjoniliikmed koostavad akti surma tuvastamise kohta (vt. lisa 1) ja kirjutavad sellele alla.

1.3 Peaaju funktsioonide täieliku ja taaspöördumatu lakkamise kliinilisi tunnuseid hinnatakse kaks korda.

1.4 Hüpoksiast tingitud või elustamisejärgse kooma puhul on jälgimisaeg enne esimese neuroloogilise läbivaatuse tegemist vähemalt 24 tundi. Jälgimisaja lühendamiseks on vaja läbi viia lisauuring (vt. punkt 4)

1.5 Kahe neuroloogilise hindamise vaheline aeg täiskasvanutel ei ole määratud .

1.6 Ajusurma testide läbiviimine lastel vanuses  $\leq 18$  aastat:

1.6.1 Enneaegsetel vastsündinutel (gestatsioonivanus alla 37 rasedusnädala) ei ole ajusurma diagnoosimise kriteeriume.

1.6.2 Lastel on jälgimisaeg enne esimese neuroloogilise hindamise läbiviimist 24 tundi. Jälgimisaja lühendamiseks on vajalik lisauuring (vt. punkt 4)

1.6.3 Vastsündinutel (kuni 30 elupäeva) on kahe testi vaheline jälgimisaeg 24 tundi ja imikutel ning lastel (31 elupäeva kuni 18 eluaastat) - 12 tundi. Jälgimisaja lühendamiseks on vajalik lisauuringu teostamine (vt. punkt 4).

1.7 Surma aeg on teise neuroloogilise seisundi hindamise lõpetamise aeg.

### **2. Ajusurma diagnoosimise eeltingimused.**

2.1.1 Peaaju funktsioonide taaspöördumatu lakkamise tõenäoline põhjus on teada ja dokumenteeritud.

2.1.2 Teadvusetuse (kooma), ajutüve reflekside ja omahingamise puudumise põhjustena on välistatud:

#### **2.2.1 Hüpotermia**

Kehatüve temperatuur on  $\geq 35^{\circ} \text{C}$ . (2, 4)

### 2.2.2 Sedatiivsete, narkootiliste ja lihasrelaksatsiooni põhjustavate ainete toime

Sedatiivsete, narkootiliste ja lihasrelaksatsiooni põhjustavate ravimite ning muude toksiliste ainete toime on välistatud.

Vahe ravimite manustamise lõpetamise ja närvisüsteemi kliinilise hindamise vahel sõltub mitmetest erinevatest faktoritest: ravimi kogudoosist ja eelnevast ravi pikkusest, neerude ja maksa funktsioonist. Ravimite eliminatsioon võib aeglustuda eelneva kunstliku hüpothermia kasutamisel.

Ravimi kontsentratsioon selle määramisel peab olema allpool terapeutilist kontsentratsiooni või madalas terapeutilises kontsentratsioonis (1, 2).

Ajutüve refleksid ei ole hinnatavad kui:

- a) tiopentaalnaatriumi kontsentratsioon on  $> 5$  mg/l
- b) midasolaami kontsentratsioon on  $> 10$  µg/l (3)

Lihassetantide eelneval kasutamisel peab nende toime olema välistatud neuromuskulaarse ülekande monitooringuga (*TOF – train of four*).

**Kui ravimite toimet ei ole võimalik välistada, on vajalik lisauuringu teostamine (v.a. elektroentsefalograafia) – vt. punkt 4.**

### 2.2.3 Metaboolsed ja endokriinsed häired

Haigel ei tohi esineda raskeid elektrolüütide (hüpokaleemia, hüper- ja hüponatreemia, hüpomagneseemia, hüpofosfateemia), happe-alus tasakaalu (atsideemia, alkaleemia, hüpoksia) või endokriinsüsteemi (hüpo- ja hüperglükeemia või muu) kõrvalekaldeid.

Kaasasündinud ainevahetushaigused võivad olla kooma põhjuseks vastsündinutel ja lastel.

Eelpool kirjeldatud häired või haigused peavad olema diagnoositud ja võimalusel korrigeeritud enne ajusurma diagnoosimist.

Eelpool mainitud häired on enamasti pigem ajusurmaga kaasnevad muutused, mitte aga selle põhjused. Peab arvestama, et kõrvalekallete kiire korrigeerimine võib olla ohtlik. Samas ei ole õige ajusurma diagnoosimisega viivitamine, püüdes järgida elektrolüütide kindlaid norme.

Oluline on säilitada tsirkulatsioon ja ventilatsioon enne ajutüve reflekside hindamist. Selleks peab olema keskmine arteriaalne vererõhk üle 60 mmHg koos normokarbia säilitamise ja hüpoksia, atsideemia ja alkaleemia vältimisega ( $\text{PaCO}_2 < 45$  mmHg,  $\text{PaO}_2 > 75$  mmHg, pH 7,35 – 7,45) (3).

Hüponatreemia mõju sõltub selle tekkimise kiirusest, kuid harva esineb teadvusetust, kui seerumi  $\text{Na}^+$  kontsentratsiooni on üle 115 mmol/l (3). Kui hüponatreemiat korrigeerida liiga kiiresti, võib teadvushäire põhjusena tekkida potentsiaalselt taaspöörduv tsentraalne pontinne müelinolüüs.

Ajusurmaga kaasnev hüpernatreemia on pigem põhjustatud magediabeedist ja seetõttu ei ole kindlaid seerumi  $\text{Na}^+$  kontsentratsiooni väärtusi leitud, mille puhul neuroloogilist hindamist ei tohi läbi viia.

Ajutüve reflekside hindamist ei soovitata, kui seerumi  $\text{K}^+$  kontsentratsioon on  $< 2$  mmol/l (3). Neuromuskulaarset nõrkust võib seostada ka magneesiumi ja fosfori äärmuslike väärtustega, kuid see on vähetõenäoline, kui magneesiumi ja fosfori väärtused on vahemikus 0,5 – 3 mmol/l (3).

Sarnaselt ei ole hüpo- või hüperglükeemia kooma ja ajutüve reflekside puudumise põhjuseks, kui veresuhkru väärtused on vahemikus 3,0 – 20 mmol/l (3). Et veresuhkru väärtused võivad väga kiirelt muutuda, tuleb veresuhkrut mõõta vahetult enne neuroloogilise staatuse hindamist.

### 2.2.4 Arteriaalne hüpotensioon

Keskmine arteriaalne vererõhk peab olema üle 60 mmHg (3). Lastel peab süstoolne või keskmine arteriaalne vererõhk olema ealiste normide piires (süstoolne vererõhk mitte rohkem kui kaks standartdeviatsiooni (2 SD) alla ealise normi) (2).

### 3. Surm tuvastatakse allpool loetletud neuroloogiliste sümptomite alusel.

Nende kindlakstegemine võimaldab diagnoosida peaju funktsiooni täielikku ja taaspöördumatut lakkamist ka tingimustes, kus kunstlikult on tagatud vere oksügenisatsioon (aparaadihingamine) ja kudede verevarustus (vasoaktiivsed ja inotroopsed ravimid).

Peaju funktsioonide täieliku ja taaspöördumatu lakkamise neuroloogilised tunnused:

#### 3.1 Teadvusetus ehk kooma

Teadvusetus defineeritakse kui ärakamisreaktsiooni puudumine vastusena valuärritusele.

#### 3.2 Ajutüve reflekside puudumine:

##### 3.2.1. Pupillaarrefleksi puudumine

Pupillid on laienenud, fikseerunud keskasendisse ja valgusele ei teki otsest ega kaudset reaktsiooni.

Märkus: refleksi määramist võivad piirata näo ja silmade trauma.

##### 3.2.2. Korneaarefleksi puudumine

Vastuseks sarvkestade puudutamisele ei teki silmade pilgutust. Puudutamiseks kasutatav materjal peab olema puhas ja pehme, et vältida sarvkesta traumeerimist.

Märkus: refleksi määramist võivad piirata näo ja silmade trauma.

##### 3.2.3. Okulotsefaalrefleksi puudumine

Pea pööramisel külgedele jäävad silmamunad keskasendisse.

Märkus: refleksi määramist piirab kaelatrauma.

Sellisel juhul tuleks kontrollida okulovestibulaarse refleksi puudumist.

Teostatakse kalooriline test viies aeglaselt 50 ml jääkülma vett kummassegi kuulmekäiku.

Refleks puudub, kui silmamunade deviatsiooni ja nüstagme ei teki.

Märkus: refleksi määramist piirab traumast või haigustest tingitud kuulmekile kahjustus, mille välistamiseks peaks enne testi tegema otoskopia. Kuulmekile kahjustusele viitavad ka eritised kõrvast (veri, liikvor, mäda).

##### 3.2.4. Kurgurefleksi puudumine

Uvula ja neelu tagaseina stimuleerimisel spaatliga ei teki liigutusi pehmesuulaes (okserefleksi)

##### 3.2.5. Köharefleksi puudumine

Köharefleks ei vallandu kateetri viimisel hingamisteedesse, kusjuures kateeter peab ulatuma vähemalt trahhea bifurkatsioonini.

##### 3.2.6. Näolihaste motoorse vastuse puudumine valustimulatsioonile

Valustimulatsiooni tekitatakse vajutades kolmiknärv punktidele supraorbitaalsel, üla- ja alalõual. Näolihaste liigutusi ei tohi tekkida ka kaela, kehatüve ja jäsemete valustimulatsioonil.

Järgnevad spinaalsed refleksid võivad esineda ka ajusurma seisundis:

- Spontaansed liigutused → käte tõusmine kas eraldi või koos, käte painutus või sirutus, pea rotatsioon, grimass näos, selja sirutus. Hingamise-sarnased liigutused (õlgade tõstmine ja adduktsioon, selja sirutus, interkostaalne ekspansioon ilma olulise efektita (roietevaheliste lihaste liigutused). Aeglasel liigutused kehatüves võivad jätta lühiaegselt mulje katsest keha painutada, püüde tõusta istuli 40 - 60° (Laatsaruse sümptom). Harvem võivad tekkida spontaansed liigutused jalgades, unduleeriv suurvarba sümptom (suurvarba näpistamisel teiste varvaste unduleeriv liigutus), püsiv Babinski refleksi, kremasterrefleksi.
  - Võivad säilida kõõlus-periostaalrefleksid, kõhurefleksid, Babinski sümptom. Spontaansed liigutused võivad tekkida apnoe testi ajal, patsiendi transpordil või kõhukatete lõikamisel organite eemaldamiseks, sünkroonselt hingamisaparaadi tööga või ka surnukuuris. Liigutusi võib provotseerida kerge perifeerne stimulatsioon, jõuline pea painutus või keha pööramine.
- Lisaks võivad esineda:
- Higistamine, hüperemia, tahhükardia, lihaskrambid, müokloonia, lihastõmbused jäsemetes.
  - Normaalne vererõhk ilma vasopressoorse toeta, ootamatu vererõhu tõus.
  - *Diabetes insipidus*'e puudumine.

### 3.3 Omahingamise puudumine ehk apnoe

Hingamist reguleerivate ajuosade funktsioon on lakanud, kui arteriaalse vere süsihappegaasi osarõhu 60 mmHg (ja enam) juures puudub haigel omahingamine.

Apnoetest viiakse läbi koos teise neuroloogilise seisundi hindamisega. Apnoetesti allpool kirjeldatud viisil saab läbi viia, kui haigel ei esine kaelatraumat või kroonilist süsihappegaasi retentsiooni (krooniline kopsuhaigus, ekstreemne ülekaalulisus). Apnoetesti läbiviimise ajal peab jälgima, et haigel ei tekiks olulist hüpoksiat ega liigset hüperkarbiati ja/või kiireid PaCO<sub>2</sub> (arteriaalse vere süsihappegaasi osarõhk) kõikumisi ning haige hemodünaamika püsib stabiilsena.

Apnoetesti läbiviimine:

- Kasutada SpO<sub>2</sub> (hemoglobiini küllastatus hapnikuga) ja võimalusel pidevat EtCO<sub>2</sub> (väljahingatava õhu süsihappegaasi kontsentratsioon) monitooringut.
- Haige preoksügeniseerida 100% hapnikuga 10 minutit (1,4).
- Kontrollida happe – alus tasakaalu, et monitooritud EtCO<sub>2</sub> ja SpO<sub>2</sub> väärtused oleksid korrelatsioonis veregaaside analüüsiga.
- Kui SpO<sub>2</sub> on üle 95%, vähendada minutiventilatsiooni, langetades hingamissagedust, et saavutada aeglane EtCO<sub>2</sub> tõus (1, 3, 5).
- Kui EtCO<sub>2</sub> tõuseb üle 45 mmHg, kontrollida veregaaside analüüsiga, et PaCO<sub>2</sub> on üle 45 mmHg ja pH on alla 7,4 (3, 5).
- Ühendada haige hingamisaparaadist lahti ja viia trahheasse sondiga 100% hapnikku 5 – 8 l/min (1,3,5). Sond peab olema sobiva läbimõõduga, et oleks tagatud liigse õhu väljumine hingamisteedest
- Jälgida haiget hingamisliigutuste olemasolu suhtes 5 – 10 minutit (1, 3, 4, 5).
- Kontrollida veregaaside alusel, et PaCO<sub>2</sub> on üle 60 mmHg (1, 3, 4, 5).
- Hingamiskeskuse aktiivsus puudub, kui PaCO<sub>2</sub> ≥ 60 mmHg juures ei teki omahingamise liigutusi.

Kroonilise süsihappegaasi retentsiooni korral (krooniline kopsuhaigus, ekstreemne ülekaalulisus), kui ei ole võimalik saavutada normokarbiati (PaCO<sub>2</sub> 35 – 45 mmHg, pH 7,35 – 7,45), loetakse apnoetest ajusurma suhtes positiivseks ehk hingamiskeskuse aktiivsus puudub, kui PaCO<sub>2</sub> tõusu korral ≥20 mmHg lähteväärtusest ei teki omahingamise liigutusi.

Apnoetest tuleb katkestada, kui:

- Keskmine arteriaalne vererõhk langeb alla 60 mmHg või lastel alla ealise normi.
- SpO<sub>2</sub> langeb alla 90% (4)

Apnoetesti läbiviimisel võib kasutada ka T-ühendust (*T-Piece*) ja/või pidevat positiivset rõhku hingamisteedes ilma haiget hingamisaparaadist lahti ühendamata, kui patsiendil esinevad oksügenisatsioonihäired.

Apnoetesti läbiviimisel ilma haiget hingamisaparaadist lahti ühendamata tuleb arvestada, et enamusel hingamisaparaatidel on tagavarareziim, mis käivitub apnoe korral ja see võib raskendada omahingamise olemasolu hindamist. Samuti võib hingamisaparaat reageerida erinevatele kõrvalistele päästikutele (*trigger*), mis võivad simuleerida omahingamise olemasolu..

Kui apnoetesti teostamine on vastunäidustatud või ei õnnestu, tuleb läbi viia lisauuring (vt.punkt 4).

#### **4. Ajuruma diagnoosimisel kasutatavad lisauuringud:**

Lisauuringuks võivad olla kas aju perfusiooni või elektrilist aktiivsust hindavad uuringud. Ajuruma diagnoosimiseks piisab ühest ajuruma kinnitavast lisauuringust. Puudivad tõenduspõhised andmed eelistamaks ühte lisauuringut teisele .

##### **4.1 Elektroentsefalograafia (EEG)**

Spontaanse ja esilekutsutud peaaaju elektrilise aktiivsuse puudumine tehakse kindlaks järgmiste tingimuste kohustuslikul täitmisel:

- Kasutada tuleb 10-20 skeemi järgi paigutatud skalpelektroode
- Elektroodidevaheline takistus peab olema üle 100 ja alla 10 000 Ω;
- Hoolikalt tuleb kontrollida elektroodide kvaliteeti artefaktide suhtes;
- Elektroodidevaheline kaugus peab olema vähemalt 10 cm;
- Sensitiivsus peab olema tõstetud vähemalt 2μV 30 minutiks;
- Kõrgsagedusfilter peab olema asetatud mitte alla 30 Hz ja madalsagedus filter mitte üle 1 Hz;
- EEG-s peab puuduma elektriline aktiivsus ka tugevale somatosensoorsele ja audiovisuaalsele stiimulile.

**4.2 Angiograafia** (konventsionaalne angiograafia, kompuuterangiograafia, magnetangiograafia).

Ajuruma kinnitab verevoolu puudumine intrakraniaalsetes ajuarterites sisemise unearteri bifurkatsioonist distaalsemal või Willis ringi arterites. Angiograafial võib näha kontrasteerumist eesmise ja keskmise ajuarteri proksimaalsetes segmentides. Välimise unearteri kontrasteerumine peab olema olemas. Sisemistes ajuveenides ei tohi olla kontrasteerumist, sagitaalsiinuses võib olla hiline kontrasteerumine.

##### **4.3 Peaaaju perfusiooni SPET uuring (SPET).**

Ajusurma kinnitab veenisiseselt manustatud märkaine kogunemise puudumine ajukoosse.

#### 4.4 Transkraniaalne doplerograafia (TKD).

Ajusurma kinnitab:

- 1) Bifaasiline ostsilleeriv verevoolulaine
- 2) Madalad süstoolsed verevoolulained ja diastoolse verevoolu puudumine

Ajusurma kinnitamiseks peab iseloomulik leid olema sedastatud bilateraalselt ja vähemalt poole tunni vältel.

Kasutatud kirjandus:

1. Evidence-based guideline Update: determining brain death in adults: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology  
*Neurology* 2010;74:1911-1918
2. Guidelines for the determination of brain death in infants and children: an Update of the 1987 task Force recommendations.  
*Pediatrics* 2011;128:e720–e740
3. A code of practice for the diagnosis and confirmation of death,  
Academy of Medical Colleges, England, 2008
4. Kuoleman toteaminen: opas terveydenhuollon henkilöstölle,  
Helsinki 2004
5. Feststellung des Todes mit Bezug auf Organtransplantationen  
Medizin-ethische Richtlinien Vom Senat der SAMW genehmigt am 24. Mai 2011

Toomas Asser  
Ludvig Puusepa nimeline Neuroloogide ja Neurokirurgide Selts

Indrek Rätsep  
Eesti Anestesioloogide Selts

Pilvi Ilves  
Eesti Radioloogia Ühing