

Aivokuoleman toteaminen ja elinten talteenotto

Tarja Randell

“Syntymä on kuoleman sanansaattaja” (Syyrialainen sananlasku)

Kuolema ymmärretään eri tavalla kulttuurista ja uskonnosta riippuen, minkä takia aivokuolemaa ei hyväksytä kaikkialla maailmassa. Länsimaissa on ehkäpä vuosisatoja ajateltu, että elämä loppuu vasta sydämen pysähtyessä. Tehohoidon ja elvytyksen kehittyessä kävi kuitenkin vähitellen selväksi, että aivojen toiminnan pysyvä loppuminen johtaa ilman tukitoimia väistämättä sydämen pysähtymiseen ja näin aivokuoleman käsite alkoi muotoutua. Kirjallisuudessa on toki havaintoja ja merkintöjä jo 1900-luvun alussa potilaista, jotka ovat ilmeisesti olleet aivokuolleita, vaikka tilaa ei vielä sellaiseksi miellettykään. Aivokuolemasta on alettu yleisemmin keskustella vasta 1960-luvulla, jolloin elinten siirtäminen alkoi olla teknisesti mahdollista (1,2). Suomessa lainsäädäntö seurasi lääketieteen kehitystä: vuonna 1957 annettu laki kuolleen henkilön kudosten käyttämisestä sairaanhoidollisiin tarkoituksiin korvattiin vuonna 1985 lailla ja asetuksella elimien ja kudosten irrottamisesta lääketieteelliseen käyttöön. Nykyisin on voimassa 01.09.2001 annettu laki ihmisen elimien ja kudoksien lääketieteellisestä käytöstä (3).

Yhdysvalloissa Harvardin yliopiston lääketieteellinen tiedekunta julkaisi ensimmäisenä vuonna 1968 aivokuoleman lääketieteelliset kriteerit ja vuonna 1976 Conference of the Royal Colleges esitti, että aivokuollut ihminen on “kuollut riippumatta siitä ylläpidetäänkö muitten elimien toimintaa keinotekoisesti vai ei”. Suomi oli ensimmäinen maa, missä aivokuolema hyväksyttiin myös juridisesti: Lääkintöhallitus antoi yleiskirjeen No 1508 vuonna 1971, siinä esitettiin yksi-

tyiskohtaisesti kuoleman toteamisen perusteet, ja “ne tunnusmerkit, jotka on todettava ennen kuin ryhdytään kudosten irrottamiseen”. Erikseen määriteltiin aivotoiminnan ja sydämen toiminnan pysyvä loppuminen. Viime vuoden syyskuussa voimaan tulleen lain mukaan kuoleman toteamisesta määrätään Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella (3). Sitä ei vielä löydy asetuskokoelmasta, mutta esittelen pääpiirteittäin asiantuntijatyöryhmän laatiman ohjeiston sisältöä sellaisena kuin se on tarkoitus myöhemmin julkaista. On muistettava, että lainsäädäntö ja aivokuoleman toteamisesta annetut ohjeet vaihtelevat maiden välillä, ja ulkomaisissa oppikirjoissa annetut ohjeet eivät välttämättä päde Suomessa.

Aivokuoleman fysiologiaa

Aivokuolleella aivojen toiminta ja omatoiminen hengitys ovat määritelmän mukaisesti pysyvästi loppuneet. Välittömästi ennen aivokuolemaa verenpaine on erittäin korkea: se on elimistön viimeinen yritys turvata aivojen verenkierto. Samanaikaisesti myös veren katekoliamiinipitoisuudet nousevat. Stressivasteen seurauksena sisäelimiin voi muodostua pieniä infarkteja, jotka saattavat heikentää niiden toimintakykyä. Verenkierron perifeerisen vastuksen lisääntyminen voi johtaa vasemman kammion vajaatoimintaan ja se puolestaan aivokuoleman yhteydessä monesti todettavaan keuhkoödeemaan. Sydämen rytmihäiriöt ovat myös tavallisia. Aivokuoleman jälkeen perifeeriset verisuonet laajenevat ja verenpaine laskee. Eräissä tutkimuksissa havaittiin, että jopa 13 vainajaa 25:stä tarvitsi dopamiinia verenpaineen pitämiseksi yli 90 mmHg (4).

Antidiureettisen hormonin tuotto vähenee tai

loppuu kokonaan, ja diabetes insipidus on todettu noin 80 %:lla aivokuolleista elintenvuovuttajista. Hoitamaton diabetes insipidus johtaa nopeasti hypovolemiaan ja sekin osaltaan vaikeuttaa verenpaineen ylläpitoa.

Trijodotyroniinin pitoisuus veressä laskee, luultavasti siksi että T4:n konversio T3:ksi häiriintyy. Kortisoli- ja insuliinipitoisuudet voivat olla korkeita tai normaaleja. Desmopressiiniä lukuunottamatta hormonisubstituutio ei kuulu nykyisin aivokuolleen elintenvuovuttajan normaaliin hoitoon.

Lämmönsäätelymekanismien toiminta häiriintyy ja aivokuollut jäähtyy ilman aktiivista lämmittämistä. Mielenkiintoista on, että eräässä tutkimuksessa tyroksiinihoitoa saaneilla lämpötila laski kontrolliryhmää hitaammin (4,5).

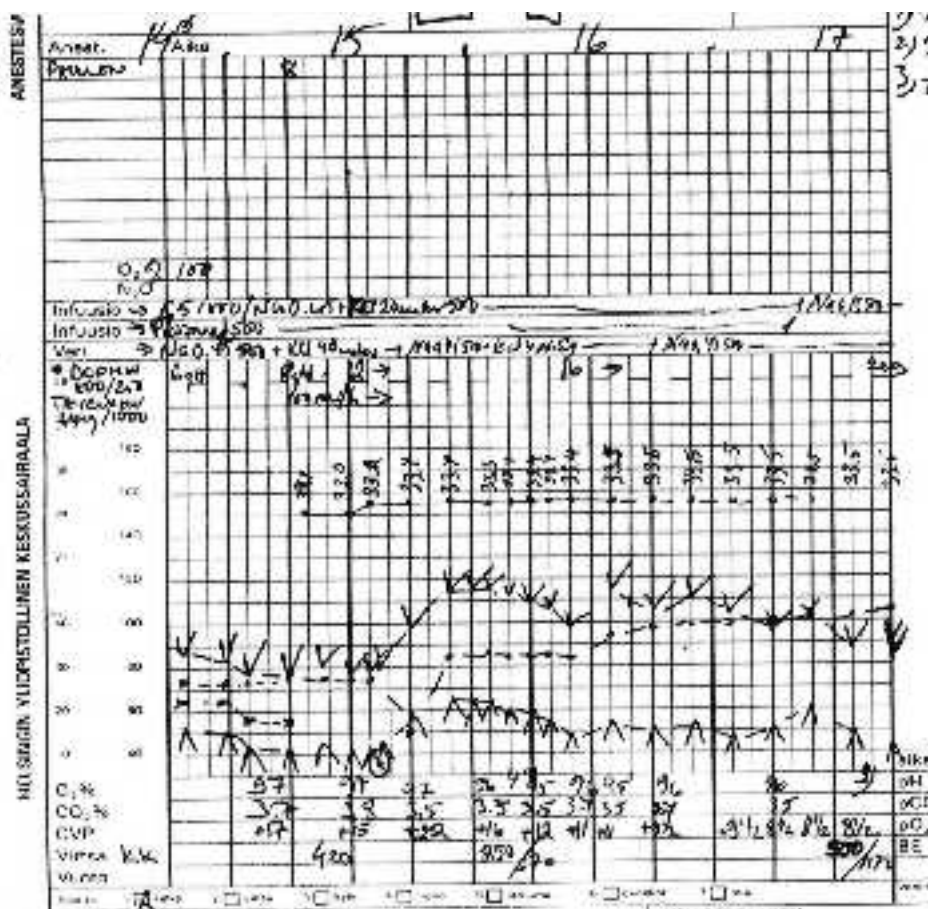
Jopa yli puolella aivokuolleista elintenvuovuttajista on todettu motorisia vasteita peritoneumin käsittelylle, ja jotkut saattavat reagoida neulanpistollekin. Myös hengityskoneesta irrottami-

sen jälkeen ilmeisesti spinaalinen iskemia voi aiheuttaa selvästi havaittavia liikkeitä (Lasarus-ilmiö), mistä on varoitettava niitä omaisia, jotka haluavat olla sillä hetkellä läsnä.

Lähes kaikilla elintenvuovuttajilla verenpaine kohoaa ja sydämen syke kiihtyy, kun peritoneum viilletään tai suuria verisuonia venytetään (Kuva 1). Samanaikaisesti noradrenaliini- ja adrenaliinipitoisuudet veressä nousevat. Sekä motoriset että hemodynaamiset vasteet aiheuttavat usein hämmennystä ja ahdistusta leikkaussalin henkilökunnassa ja jopa pelkoa siitä, että potilas ei olekaan aivokuollut. Liikkeet ovat spinaalisia heijasteita, sen sijaan verenkierron vasteiden taustaa ei tarkoin tunneta. Vasteiden alkuperää tärkeämpää on tietää että sellaisia esiintyy (4).

Aivokuoleman toteaminen

Aivokuoleman toteaa aina kaksi sellaista lääkäriä, jotka eivät osallistu elinten siirtoon. Neurologisen tutkimuksen voi tehdä neurologi tai neuroki-



Kuva 1. Hemodynaamisia vasteita maksanirrotusleikkauksen aikana.

rurgi, lapsilla lisäksi neonatologiseen tehohoitoon perehtynyt lääkäri. Hengityksen pysyvän loppumisen voi todeta anesthesiologian erikoislääkäri. Tutkimukset voi tehdä muukin asiaan perehtynyt lääkäri sairaalan ylilääkärin määräyksestä, jotta elinten irrotus olisi mahdollista kaikissa sellaisissa sairaaloissa, joilla on siihen tarvittava lupa, mutta ei kaikkien alojen erikoislääkäreitä. Toiminnan joustavuuden takaamiseksi olisi hyvä, että kussakin sairaalassa ylilääkäri antaa sopiviksi katsomilleen lääkäreille pysyvän kirjallisen luvan tehdä aivokuoleman toteamiseksi tarvittavat tutkimukset, jotta lupaa ei jouduta hankkimaan jokaista kertaa varten erikseen.

Aivokuolema voidaan todeta vain jos aivoverenkierron loppumisen syy on tiedossa. Ennen kuoleman toteamista on lisäksi varmistettava, että potilaalla ei ole intoksikaatiota ja että ydinlämpötila on 32 °C tai korkeampi. On pidettävä mielessä, että myös anestesia-aineet ovat keskushermostoa lamaavia ja viimeisestä lääkkeenannosta täytyy olla kulunut riittävästi aikaa. Globaali-iskemia vuorokauden kuluessa on myös vasta-aihe aivokuoleman toteamiselle. Aivokuolema on todettava viivyttämättä heti kun sen edellytykset täyttyvät.

Neurologinen tutkimus

Neurologinen tutkimus tehdään aina ennen hengityskoetta. Aivokuolleella ei ole lihastonusta eikä spontaaneja liikkeitä ja kaikki aivohermoheijasteet ja vaste kivulle puuttuvat. Kipuvaste on aina tutkittava painamalla voimakkaasti molempia supraorbitaalihermoja, sillä vartalon alueen kipuärsyke saattaa aiheuttaa edellä mainittuja spinaalisia liikevasteita, jotka voidaan tulkita virheellisesti. Kaikkien aivohermojen toiminta pitää tutkia kummaltakin puolelta: Aivokuolleella: 1. Pupillat eivät reagoi valolle ja ne ovat laajat tai keskisuuret. 2. Kornea- ja luomiheijaste puuttuvat. 3. Käännettäessä päätä nopeasti puolelta toiselle ja ylös ja alas silmät eivät liikahta kääntösuuntaa vastaan (ns. doll's eye), elikkä okulokefaalinen heijaste puuttuu. 4. Silmät eivät käänny ruiskutuksen puolelle noin 20 sekunnin kuluessa siitä kun korvakäytävään ruiskutetaan 20 – 50 ml jäätettä. Okulovestibulaarista heijastetta tutkittaessa tärykalvojen on oltava näkyvissä. 5. Nielun ja henkitorven ärsyttäminen esimerkiksi intubaatioputkea heilutteleamalla ei aiheuta yskänärsytystä. 6. Vagaaliset heijasteet puuttuvat.

Hengityskoe

Potilasta ventiloidaan hengityskoneessa 100 % hapella noin 10 minuuttia, jonka jälkeen tutkitaan valtimoverikaasut. Hengityskoe voidaan aloittaa, jos valtimoveren hiilidioksiosapaine on normaali eikä potilas ole alkaloottinen. Hengityskone irrotetaan ja henkitorveen johdetaan esimerkiksi imukatetrin kautta happivirtaus. Potilasta tarkkaillaan kymmenen minuuttia ja jos omaa hengitystä ei ilmaannu otetaan näyte verikaasuanalyysia varten ja potilas kytketään takaisin hengityskoneeseen. Hengityskokeen loppuessa hiilidioksiosapaineen tulee olla 8 kPa tai korkeampi, jotta koe olisi luotettava. Jos hiilidioksitavotetta ei saavuteta koe uusitaan. Kokeen aikana valtimoveren happisaturaation on pysyttävä yli 90 %, jos saturaatio laskee, sitä voi yrittää parantaa happivirtausta lisäämällä, eikä CPAP-naamarin käyttökään ole vasta-aiheista. Hengityskoetta ei voi suorittaa, jos yrityksistä huolimatta saturaatio laskee alle tavoitetason.

Spontaani hengitys todetaan pysyvästi loppuneeksi, jos tarkkailuajana ei ilmaannu hengitysvaihteluita; kokeen päättymishetki on aivokuoleman toteamisaika ja se merkitään sairauskertomukseen kuolinajaksi. Koe keskeytetään välittömästi ja potilas kytketään takaisin hengityskoneeseen, jos spontaania hengitystä ilmaantuu. Tutkimus voidaan sellaisessa tapauksessa uusua muutamien tuntien kuluttua.

Hengityskokeen suorittamisessa on muutamia sudenkuoppia, jotka kuitenkin voidaan välttää. Potilas on syytä aina irrottaa hengityskoneesta kokeen ajaksi, koska nykyaikaisissa laitteissa on apneasuoja, joka käynnistää koneen toiminnan automaattisesti – se voidaan joskus virheellisesti tulkita spontaaniksi hengitykseksi. Kymmenen minuutin tarkkailuajaksi saattaa tuntua pitkältä ja pitkästyttävältä, mutta sen lyhentämiseksi ei kuitenkaan ole suositeltavaa kohottaa veren hiididioksiosapainetta hypoventiloimalla potilasta koneella.

Muut tutkimukset

Neurologista tutkimusta ei voi suorittaa sellaisilla potilailla, joilla on vaikea kasvovamma, eikä hengityskoetta ole aina mahdollista tehdä keuhkosairauspotilailla tai niillä potilailla, joilla on vaikea rintakehän vamma. Niissä tapauksissa aivokuolemadiagnoosi edellyttää aivovaltimoiden angiografiaa verenkierron loppumisen toteamiseksi.

si, vaikka muutoin angiografiaa tai muita koneellisia tutkimuksia (MRI, EEG, herätepotentiaalitms) ei olekaan välttämätöntä tehdä.

Monissa maissa edellytetään kliinisen tutkimuksen tekemistä kahdesti 12 – 24 tunnin välein, Suomessa yksi tutkimuskerta riittää. Heti, kun aivokuolema on todettu on ryhdyttävä toimenpiteisiin elinten irrottamiseksi tai vainaja on irrotettava hengityskokeesta.

Sopiva luovuttaja

Lain mukaan elimet saa irrottaa, ellei ole syytä olettaa, että vainaja eläessään olisi vastustanut sitä, tai lähiomainen taikka muu läheinen henkilö ei vastusta. Läheisten suostumusta elinten irrottamiseen ei tarvita, jos vainaja on eläessään antanut siihen luvan. Poliisi voi kieltää elinten irrotuksen, jos kuolemaan on liittynyt rikos, jonka selvittämistä irrotusleikkaus voi haitata.

Yleiset esteet elinten luovuttamiselle ovat muu kuin keskushermoston maligni kasvain, irrotettavan elimen sairaus, sepsis, HIV-infektio tai hepatiitti.

Munuaisten luovuttaja voi olla 1 – 70 - vuotias aivokuollut, jolla ei ole ollut vaikeaa verenpainetautiä, munuaistautia tai tyyppi 1 sokeritautia.

Maksanluovuttajan ikäraajat ovat 3 kk – 65 vuotta. Vasta-aiheita ovat aikaisempi maksasairaus, vaikea myrkytystila, pitkä (yli 5 vrk) tehohoito, tyyppi 1 diabetes, systolinen verenpaine 65 mmHg tai matalampi yli puoli tuntia, pitkä sydänelvytys tai hukkuminen.

Sydämen luovuttajan pitää olla alle 45-vuotias. Muita edellytyksiä ovat normaali EKG, lyhyempi kuin 15 v tupakka-anamneesi ja vakaa sydämen toiminta. Keuhkojen luovuttajalla pitää edellisten lisäksi olla alle 72 tunnin hengityskonehoito ja normaali keuhkojen röntgenkuva. Rintakehän vamma on este keuhkojen luovutukselle.

Transplantaatiooimistosta saa tarvittaessa lisätietoja vainajan sopivuudesta luovuttajaksi. Ennen elinten luovutukseen tähtäävän hoidon aloittamista on myös hyödyllistä tietää mitä elimiä mahdollisesti tarvitaan: munuaissiirtojonon pitkä ja kaikki luovuttajat ovat arvokkaita, mutta muiden elinten odottajia on vähemmän ja siirännäisen täytyy olla kulloinkin juuri sen saajalle sopiva.

Hoito

Elinten toimintakyvyn turvaamiseen tähtäävä hoito on usein aloitettava jo ennen kuin aivokuolemaa on todettu tai vainajan omaisten kanssa on asiasta keskusteltu. Verenpaineen ylläpitämiseksi voidaan aloittaa nesteytys ja dopamiini-infuusio, jäähtyminen ehkäistään ja diabetes insipidus hoidetaan, mutta luovutusta edeltäviä verinäytteitä ei pidä ottaa ennen aivokuoleman toteamista ja tarvittavien lupien saamista.

Elinluovuttajaa on aina hoidettava ennen irrotusleikkausta teho-osastolla tai muulla sellaisella osastolla, missä tarvittava valvonta ja hoito voidaan toteuttaa. Leikkaussalissa hoidon yleiset tavoitteet ovat samanlaiset kuin tehohoidossakin. Aivokuollut luovuttaja ei tarvitse leikkausta varten anestesiaa, vaikka leikkauksen alussa vainaja näyttäisikin reagoivan samalla tavalla kuin liian kevyessä anestesiassa oleva potilas. Liikevasteiden ehkäisemiseksi on annettava lihasrelaksanttia, koska se helpottaa kirurgin työskentelyä. Ohjeissa suositellaan pankuronin käyttöä, mutta mikä tahansa relaksantti sopii tähän tarkoitukseen.

Yksityiskohtaiset ja ajankohtaiset hoito-, valvonta- ja näytteenotto-ohjeet löytyvät transplantaatiooimiston kokoamasta kansiosista ja ongelmallisissa tilanteissa voi neuvoja kysyä puhelimitse HUS:n transplantaatiooimistolta.

Kirjallisuusviitteet

1. www.trinity.edu/~mkearl/death-1.html
2. Lew TWK ja Grenvik A. Brain death, vegetative state, donor management and cessation of therapy. Kirjassa Albin MS (toim.). Textbook of Neuroanesthesia with neurosurgical and neuroscience perspectives. The McGraw-Hill Companies, New York 1997, sivut 1361 – 1381.
3. www.finlex.fi
4. Randell T. Aivokuollel elimenluovuttajan hoito. Duodecim. 1991;107(4):283-8.
5. Randell TT, Hockerstedt KA. Triiodothyronine treatment in brain-dead multiorgan donors—a controlled study. Transplantation. 1992 Oct;54(4):736-8.

Tarja Randell

Dosentti, osastonylilääkäri
HUS, Anestesia ja tehohoito
PL 266, 00029 HUS