

# Anestesiologisia näkökohtia keskushermoston toimenpideradiologiaan ja magneettikuvausleikkaussalissa työskentelyyn

*Eila Sonkajärvi*

Toimenpideradiologiassa kehitys on ollut nopeaa atraumaattisten ja joustavampien endovaskulaarikatetriin, stenttien ja koilivalikoimien tultua markkinoille. Uuden polven kuvantamislaitteiden myötä ja kokemuksen lisääntyessä yhä haastavampia potilastapauksia kyetään hoitamaan endovaskulaarimenetelmillä. Näitä potilaita hoitaessaan anestesia lääkäri on tärkeää ymmärtää aivoverenkierron sairautilojen patofysiologiaa ja hänen tulee omata valmiudet mahdollisten ongelmatilanteiden hoitoon. Operatiivisella puolella nykyaikaiset matalakenttämagneetit ovat tulleet käyttöön leikkauksenaikaisessa kuvantamisessa mm. tehden neurokirurgille mahdolliseksi tarkistaa aivokasvaimenpoiston laajuutta jo toimenpiteen aikana. Magneettitympäristössä työskentelyn edellytyksenä on magneettikentän vaikutuksiin liittyvien turvallisuusnäkökohtien tunteminen.

## Toimenpideneuroradiologiaa

Endovaskulaariset toimenpiteet ovat viime vuosina vakiintuneet osana neurokirurgisten potilaiden hoitoa. Tavallisimpia toimenpiteitä ovat mm. aneurysmien koilaukset, AV-malformaatioiden liimaembolisaatiot ja kasvainten preoperatiiviset embolisaatiot (1) Lisäksi vasospasmin aiheuttaman iskemian hoidossa voidaan SAV-potilailla käyttää angioplastiaa (2,3). Endovaskulaarikatetriin kanssa työskentelyyn liittyy lisääntynyt tromboembolisten komplikaatioiden riski, koska katetrit ovat verenkierrossa vierasesineenä ja toisaalta voivat vaurioittaa verisuonten endoteeliä, myös käytetty varjoaine vaikuttaa trombogeenisesti (4,5). Tromboembolioiden lisäksi aivoiskemiaa voivat aiheuttaa toimenpiteessä käytetyn materiaalin emboloituminen verenkiertoon, hypoperfuusio, arteriadissekaatio tai venapaluun estyminen (6).

### Aneurysmat

Aivovaltimoaneurysmat aiheuttavat n. 80 % su-

barachnoidaaliverenvuodoista, n. 5 %:ssa aiheuttaja on AV-malformaatio, ja n. 15 %:ssa syy jää angiografiassa selvittämättä (7). Aivojen tietokonetomografian ja magneettikuvauksen tultua käyttöön yhä useampi aneurysma diagnosoidaan myös rupturoitumattomana. Aneurysman poissulkemiseksi verenkierrosta on aikaisemmin käytetty pääsääntöisesti ligeerausta kraniotomiassa, mutta viime vuosien aikana endovaskulaaristen toimenpiteiden osuus aneurysmien hoidossa on ollut kasvussa vaihdellen kuitenkin huomattavastikin eri keskuksissa sekä maan sisäisesti että kansainvälisesti (1). Oulussa on viime vuosina hoidettu noin puolet tapauksista endovaskulaarisesti. Aneurysmien hoidossa on käytössä menetelmä, GDC (Guglielmi Detachable Coils) -embolisaatio, jossa aneurysmaan viedyn mikrokatetrin kautta pakataan aneurysma mahdollisimman täyteen platinalankaa (yksi tai useampi sähköisesti viejästään irroitettava platinakoili). Toimenpiteen onnistuminen riippuu ensisijaisesti aneurysman muodosta (funduksen tulisi olla leveämpi kuin

kaulan). Koilaushoitoa on käytetty etenkin sijainniltaan hankalien vertebrobasilaarianeurysmien hoidossa (8), mutta myös carotispuolen aneurysmien hoidossa lisääntyvästi toimenpiteen rasitessa potilasta kraniotomiaan verrattuna vähemmän.

Leveäkaulaisten aneurysmien endovaskulaariset hoitomahdollisuudet ovat viime vuosina parantuneet verisuonistontien käyttöönoton myötä. Aneurysman kaulan alueelle tulevan stentin avulla on aneurysman fundus pystytty koilaamaan niin ettei koilipaketti prolapoidu valtimon lumeniin (9-11).

SAV:hen liittyvän vasospasmin aiheuttamassa iskemiassa on käytetty HHH (hypervolemia-hypertensio-hemodiluutio)-hoidon ohella tuloksetkaasti angioplastiaa paikallisen spasmin hoidossa. Distaalisemmin sijaitsevaa spasmia on pyritty laukaisemaan papaveriini-ruiskutuksella, mutta näissä tulokset ovat huonompia (2,3). Myös nimodipiiniä on käytetty selektiivisesti mikrokateetriin kautta ruiskutettuna.

#### **AV-malformaatiot**

AV-malformaatioita voidaan hoitaa kirurgisesti, endovaskulaarisesti, sädehoidolla, tai näiden kombinaatioilla. Varmimpaan tulokseen päästään kirurgisesti, mutta osassa tapauksia tämä ei ole mahdollista, jolloin malformaation tukkiminen liimaembolisaatiolla voi tulla kyseeseen (12). Pienessä osassa tapauksia malformaation täydellinen tukkiminen voi onnistua endovaskulaarisesti. Useimmiten kuitenkin päästään osittaiseen tulokseen, jolloin malformaation virtausta on saatu pienennettyä leikkaushoidon mahdollistamiseksi. Suurissa malformaatioissa embolisaatio tapahtuu asteittain useammassa toimenpiteessä. Liimauksessa pyritään nidusalueen tukkimiseen välttämällä liiman joutumista malformaatiota dreneeraaviin venoihin, jolloin intranidaalipaineen kohotessa vuotoriski lisääntyy. Keuhkokierto on joutuessaan kudoksiin voi aiheuttaa keuhkoembolian. (4,5)

AV-malformaatioista puuttuu painetta tasaava kapillariverkosto. Siinä syöttävät valtimot ovat verisuonirakenteeltaan hauraan nidusosan kautta yhteydessä laskimopuolelle. Malformaatioihin voi myös liittyä aneurysmia. Tyypillistä malformaatiolle on matala verisuonivastus yhdessä korkean virtauksen kanssa. Vuotoriski lisääntyy, mikäli syöttävän puolen paine on korkea ja tähän liittyy

laskimopuolen stenoosi (4). Korkeavirtauksinen AVM voi aiheuttaa ns. steal-ilmion kautta hypoperfuusioalueita ympäröivään aivokudokseen, myös AVM:n massavaikutus ja osin vielä tuntemattomat neurogeeniset tekijät vaikuttavat tähän (13). Kuitenkin suurimmassa osassa tapauksia ympäröivä kapillaariverkosto on mukautunut ylläpitämään aivoverenkierron autoregulaatiota. Vaikeimmissa tapauksissa AVM:n kirurgisen poiston/embolisaation jälkeen nopea reperfuusio ympäröiviin kudoksiin voi aiheuttaa huomattavan ödeeman ja vuotoriskin - nk. normal-perfusion-pressure breakthrough syndroman (13,14).

#### **Anestesian hoito**

Toimenpidehuoneen anestesiavarustelun tulee olla samaa tasoa kuin neurokirurgisessa leikkauksalissa (4,5). Alalla ollaan yhä enemmän siirtymässä yleisanestesiassa tehtäviin toimenpiteisiin, jolloin taataan potilaan liikkumattomuus riskialttiissa vaiheissa toimenpidettä (mikrokateetriin vieminen aivovaltimoihin ja erityisesti poikkeaviin helposti vaurioituihin suonirakenteisiin). Lisäksi toimenpiteet ovat yleensä pitkäkestoisia, jolloin sedatoidun potilaan voi olla vaikea pysyä paikallaan, ja hengitys aiheuttaa epätarkkuutta kuvauksessa (4). Endovaskulaarisissa toimenpiteissä kipustimulus potilaalle on selvästi vähäisempää kuin leikkauksessa, jolloin yleisanestesiassa olevalla potilaalla joudutaan herkemmin käyttämään verenpainetta tukevaa lääkitystä (5,6). Intrakraniaalisesti ei tarvitse tehdä tilaa kuten neurokirurgisissa leikkauksissa, joten potilaat hoidetaan yleensä normoventilaatiolla.

#### **Verenkierron manipulaatio**

Malformaatiokierron hidastamiseksi verenpainetta joudutaan laskemaan eritasoisesti riippuen kierron nopeudesta. Hypotension aikaansaamiseksi on käytetty betasalpaajia, alfa + beta-salpausta labetalolilla sekä alfa2-agonistia klonidiinia. Nitrosodilaattoreita voidaan myös käyttää mikäli aivojen komplianssi ei ole laskenut (4). Suurissa erittäin korkean virtauksen omaavissa AV-malformaatioissa on jopa käytetty adenosinia aiheuttamaan reversiibeli eteiskammiokatkos (toiminnallinen sydänpysähdys) n. 15 sekunniksi, mikä on tehty iv-tahdistinsuojassa (15,16). AV-malformaation embolisaation jälkeen suositellaan verenpaineen pitämistä 10-20 % potilaan normaalia tasoa alhaisempana (5). OYS:ssa on käytetty "Göteborg-

gin mallia”, jossa MAP on pidetty 70-80 mmHg tasolla labetalolilla noin vuorokauden ajan.

### **Antikoagulaatio**

Femoraaliarteriaan laitettun sisäänviejäkatetrin laitton jälkeen kontrolloidaan ACT (activated clotting time) ja potilas heparinisoidaan. ACT ylläpidetään 2-3 kertaisena normaaliarvostaan (1,17). Toimenpiteen lopussa heparinisaatio kumotaan osittain (ACT neuroradiologin toivomalle tasolle) ja katetri poistetaan.

### **Varjoaineen vaikutukset**

Toimenpiteissä varjoainetta voi kuluu huomattavia määriä, jolloin varjoaine vaikuttaa osmoottisen diureetin tavoin altistaen potilaan hypovolemialle ja vaikuttaen elektrolyyttitasapainoon. SAV-potilailla hypovolemia voi lisätä vasospasmiriskiä. Hypovolemiassa varjoaineen munuaistoksisuus korostuu, erityisesti potilailla joilla munuaisfunktio on heikentynyt, mm. diabeetikoilla. Normovolemian ylläpito on tästäkin syystä tärkeää (5). Nestebalanssia laskiessa tulee huomioida myös potilaan saamat katetrien huuhteluliukokset.

Varjoaineen käyttöön liittyvät yliherkkyysoireaktiot ovat aina mahdollisia ja nämä on varauduttava hoitamaan.

### **Komplikaatiot ja niiden hoito**

Endovaskulaariin toimenpiteisiin liittyvät komplikaatiot voivat ilmaantua äkisti ja olla potilaan henkeä uhkaavia. Vakavimmat komplikaatiot ovat tromboembolisia tai hemorragisia. Välittömänä toimenpiteenä vuodon ilmaantuessa on heparinisaation kumoaminen protamiinilla ja verenpaineen nousujen estäminen, verenpaine pyritään pitämään hieman alle potilaan normaalitason (5). Vuodon tyrehtyttäminen hoituu useimmiten radiologin suorittamin toimenpitein, mutta voi joskus vaatia välittömän kraniotomian hematooman evakuoimiseksi ja vuotaneen suonirakenteen korjaamiseksi (esim. aneurysman ligeerauksen).

Tromboosissa verenpaineen nostetaan aivoverenkierron turvaamiseksi yli potilaan normaali-paineiden (4,5). Myös paikallisen suonitukoksen trombolyyysi voi tulla kyseeseen (1,2).

Uudentyyppisiä tromboembolian esto- ja hoitomuotoja ovat esittäneet mm. Qureshi ym. Suoraan trombiiniin vaikuttavat inhibiittorit, sekä trombosyyttien glykoproteiini IIb/IIIa-reseptori-

tasolla vaikuttavat lääkeaineet, jotka estävät fibrinogeenin sitoutumisen trombosyytteihin, ovat tiiviin tutkimuksen kohteena. (17-19)

Vakaviin komplikaatioihin liittyvän aivopaineen nousun hoitoon käytetään hyperventilaatiota, mannitolia ja antikongulsantteja. Aivojen suojaamiseksi suositellaan barbituraattia ja lievää hypotermiaa.(5)

Komplikaatioiden hoito onnistuu parhaiten hyvällä radiologin, anestesiologin ja neurokirurgin yhteistyöllä. Myös postoperatiivisen valvonnan tärkeyttä tulee korostaa heräämisvaiheessa ilmenevien komplikaatioiden havaitsemiseksi mahdollisimman varhain, jolloin kallonsisäisen tilanteen tarkistaminen voi vaatia välittömän pään tietokonetomografiatutkimuksen ja kontrolliangiografian.(5,6)

### **Leikkauksenaikainen magneettikuvaus**

#### **Yleistä magneetikuvauksesta**

Leikkauksenaikaista magneettikuvausta on viime vuosina alettu hyödyntää neurokirurgisissa toimenpiteissä, jolloin kuvauksella saadaan reaaliaikaisista informaatiota toimenpiteen vaiheista ja vaikutuksista. Magneetikuvauksen erinomainen pehmytkudoksen erottelukyky mahdollistaa kuvausalueen hyvän anatomisen visualisoinnin. Matalakenttämagneetissa laitteen rakenne on avoin, jolloin potilaan luokse ja erityisesti leikkausalueelle pääsy on helpompaa ja potilaan käsiteltävyys ongelmattomampaa kuin sylinterimäisessä korkeakenttämagneetissa. Staattisen magneettikentän voimakkuudella ei enää nykyisellään ole suoraa yhteyttä kuvan laatuun. Korkeakenttälaitteiden signaali-kohinasuhde on parempi, mutta uudemmat magneetti- ja kelarakenteet sekä heikkoon magneettikenttään tarkoitetut kuvaussekvenssit ovat kaventaneet eroa. Kuvan laatu ja kuvausnopeus ovat parantuneet. (20) Aivojen toiminnallisten alueiden kartoitukseen eli funktionaaliseen magneetikuvaukseen sekä spektroskopiaan tarvitaan kuitenkin korkeakenttämagneettia.

Magneettikentän voimakkuus ilmaistaan Tesloina (T). Vertailun vuoksi mainittakoon, että maan magneettikenttä on noin 0.5 Gaussia (yksi T on 10 000 G). Kenttävoimakkuudet kliinisessä käytössä olevissa magneeteissa vaihtelevat yleensä 0.2-2 Teslaan. Korkeakenttämagneetit (kenttävoimakkuus enimmäkseen 1.5-2 T) ovat nykyi-

sellään käytössä lähinnä diagnostiikassa. Niiden toiminta perustuu kryogeeniseen magneettiin, jossa suprajohtavat magneettikelat on upotettu nestemäiseen heliumiin ylikuumenemisen estämiseksi. Näissä laitteissa magneettikenttää ei väliaikaisesti voi sulkea kuten matalakenttäisissä sähkömagneeteissa. (21,22)

Kuvauksen aikana radiotaajuisten signaalien frekvenssillä vaihtelevat magneettikentät (gradienttikentät) viritävät staattisen magneettikentän järjestämät kudoksen vetyatomit korkeampaan energiatilaan, ja impulssin lakattua tapahtuu palautuminen staattisen kentän järjestäytymiseen. Vastaanotinkela kerää kertyneen sähkömagneettisen signaalin. Magneettikuvaushuone on suojattu alumiinivuorauksella (Faradayn häkki) ulkoisia radiotaajuisia (RF) signaaleja vastaan. Tarkempaa tietoa magneettikuvantamiseen liittyvistä perusilmiöistä on saatavissa kattavista alan review-artikkeleista (21,23) ja kirjoista (22,24).

#### **Turvallisuuskäsitteitä magneettiympäristössä työskentelyyn**

Staattinen magneettikenttä aiheuttaa ferromagneettisen ilmiön, tämä tulee huomattavaksi 50 G:n yläpuolella, jolloin esineet saattavat sinkoilla magneettikeloihin. Magneettikuvantamisessa syntyvät vaihtuvat magneettikentät ja radiotaajuiset impulssit aiheuttavat kuumenemistä ja palovammariskin potilaalle, mikäli käytetään suojaamattomia sähkölaitteita. Myös magneettiyhteensopivissa potilasmonitoreissa on huomioitava hajakentän turvallisuusrajat (merkitty laitteisiin). Virtasilmukoiden muodostumisen estämiseksi valvontamonitorista potilaaseen menevät kaapelien mutkat suoristetaan ja estetään kaapelien suorat ihokontaktit. Tästä syystä myös EKG:n piuhat on punottu yhteen ja kiinnitys tapahtuu magneettiyhteensopivilla tarroilla lähelle toisiaan. Laitteiden, kaapelien, liittimien ja anturien tulee olla ehjiä vuotovirran välttämiseksi. (21,22,24,25)

Sähköisesti tai magneettisesti aktiivit implantit potilailla eivät sovellu magneettikuvaukseen, näin mm. pacemakerit ja sisäiset tahdistimet ovat ehdoton kontraindikaatio. Samoin kaikki magnetisoituvaa rautaa sisältävät klipsit, keinoiläpät, proteesit, infuusiopumput tai stimulaattorit eivät sovellu magneettiin. Nykyisin käytössä olevat non-ferromagneettiset aneurysmaklipsit, sekä hyvin paikoilleen ankkuroidut lonkkaproteesit tai

bioläpät eivät aiheuta ongelmia. Lisäksi on huomioitava mahdolliset metallivierasesineet, mm. silmässä. (22,24,25) Swan-Ganz-katetrit ovat yleensä myös magneettikuvaukseen sopimattomia. Sherlock & Sherlock testasivat kardiovaskulaarikatetreita, joissa oli termistorijohtoja, ja havaitsivat nämä soveltumattomiksi magneettiin. (26)

Vaikka haitallisia biologisia pitkäaikaisvaikutuksia ei kliinisessä käytössä olevilla magneettikenttävoimakkuuksilla (ad 2 T) ole todettukaan monet suuret keskuksset ovat rajoittaneet raskaana olevien työntekijöiden työskentelyn 10 G:n hajakentän ulkopuolelle ja kuvaushuoneen ulkopuolelle magneettikuvauksen aikana (21,27).

Magneettikuvauksen turvallisuuskysymyksiin perehtynyt asiantuntija E. Kanal on avannut web-sivun ([http://kanal.arad.upmc.edu/MR\\_Safety/](http://kanal.arad.upmc.edu/MR_Safety/)), jossa hän vastaa turvallisuuskäsitteitä koskeviin kysymyksiin (25).

#### **Magneettikuvausleikkaussali**

Neurokirurgisessa leikkaustoiminnassa on yleisesti käytössä matalakenttämagneetit, joiden kenttä on 0.2-0.5 T. Matalakenttämagneetit ovat avokelalaitteita, jolloin toimenpiteet ja leikkaustoiminta ovat mahdollisia kelojen välissä. Leikkaustoiminnassa käytetään myös korkeakenttämagneetteja muutamissa keskuksissa mm. Pitsburgissa (1.5 T). Los Angelesissa (jossa on ollut käytössä Siemensin 0.2 T laite) ollaan siirtymässä 1.5 T korkeakenttämagneettiin. Bostonissa (v:sta 1994) ja Lontoossa on käytössä General Electricin kahden vierekkäin olevan donitsin muotoisen kelan muodostama 0.5 T magneetti, jossa kirurgilla on rajoitettu tila toimia kelojen välissä. Torontossa on käytössä 0.2 T vertikaalisesti sijaitsevat magneetit. (25,27) Heidelbergissa ja Erlangenissa, joissa on Siemensin 0.2 T laite ja horisontaalisesti sijoitetut magneettinavat, kuvauksen ajaksi potilas siirretään viereisestä leikkaussalista kuvaushuoneeseen (28).

Oulussa on v. 1999 alusta ollut leikkauskäytössä Marconi Medicalin 0.23 T matalakenttäisen sähkömagneetti, jossa magneettikenttä on vertikaalisena toiselta sivulta avoimien horisontaalisten magneettikelojen välissä. Kelojen välinen n. 40 cm etäisyys rajoittaa jossain määrin potilaan leikkausasentoa.

Magneettikuvaukseen liitetyn neuronavigointilaitteiston avulla on mahdollista valita mahdol-

lisimman vähän traumatisoiva leikkausreitti. Peroperatiivisen kuvantamisen avulla voidaan navigointijärjestelmän kuvatieto päivittää toimenpiteen aikana, ottaa tuumoribiopsioita tarkkaan valitusta kohteesta, tehdä kystan tyhjennyksiä, tai seurata aivokasvaimen resektiota. Magneettikuvissa kudokset nähdään eri harmaasävyillä kudosten magneettisten ominaisuuksien mukaisesti. Kontrastin määräävät paljolti erot kudosten tiheydessä sekä vesi- ja rasvapitoisuudessa. Kuvaustiedon keräämiseksi kuvauskohteen ympärille asetetaan kuvauskela. Neurokirurgisissa toimepiteissä kuvauskela (yleensä kapeampi kuin diagnostisessa kuvauksessa) pyritään asettamaan potilaan pään ympärille siten että se mahdollisimman vähän häiritsee leikkaustoimintaa.

Magneettikuvausympäristöön soveltuvat laitteet ja välineet voidaan jakaa magneettiturvalliisiin (voivat heikentää magneettikuvan laatua) ja magneettiyhteensopiviin (eivät heikennä kuvan laatua). Molemmat ovat potilasturvallisia. EKG- ja pulssioksimetri ovat häiriöherkempiä. Staattinen magneettikenttä aiheuttaa EKG:hen iskemiää ja perikardiittia simuloivan ST-nousun, joka on suurin kytkennöissä I, II, V1 ja V2. Ilmiö johtuu verenvirtauksesta 90 asteen kulmassa staattiseen magneettikenttään nähden. (21,22)

Nykyään on saatavissa useampia MRI-yhteensopivia respiraattoreita sekä valvontamonitoreja. Muutamissa monitoreissa on myös magneettikäyttöön suositeltava optinen lämpötilamittaus, kuten kattavassa valvontamonitorissa Maglife C:ssa (Adam, Bruker Group, Wissembourg, France) (22). Laitteissa on ilmoitettu raja-arvo magneettikentälle, jossa toiminta on adekvaattia, esim. respiraattori sijoitetaan 200 G linjan ulkopuolelle ja valvontamonitori sekä ruiskupumput 30 G:n ulkopuolelle (24). Oulussa on käytössä Datexin AS/3 CM, jossa niinkään on mm. invasiivinen verenpaineenmittaus ja kapnografi, muttei lämpötilamittausta. Valmistajien ilmoittamat magneettiyhteensopivat ruiskupumput ovat yleensä 2-3 ruiskupumpun sarjana suojapaneelin sisällä esim. MRI-Caddy® (Mammendorfer Institut für Physik und Medizin, Munich). Respiraattoreista Oulussa on käytössä Servo 900C.

Oulun magneettikuvausleikkaussalin magneettikenttä voidaan kytkeä päälle ja pois muutamissa minuuteissa, jolloin leikkaustoimenpiteiden aikana kentän ei yleensä tarvitse olla päällä. Tämä mahdollistaa monien tavanomaisten leikkaussa-

lilaitteiden käytön. Ainoastaan respiraattori ja potilasvalvontamonitori, jotka ovat käytössä myös kuvausten ajan, ovat magneettisuojuuttuja malleja. Nämä laitteet takaavat potilasturvallisuuden, eivätkä aiheuta häiriöitä magneettikuvaukseen. Potilas anestesoidaan ja pää kiinnitetään kiskoilla olevan ja leikkauspöytänä toimivan kuvaustason magneettiyhteensopivaan Sugita-tyyppiseen päännkiinnitystelineeseen, jonka kaareen nykyisin voidaan helposti kiinnittää myös kuvauskela. Peroperatiivinen magneettikuvaus voidaan suorittaa neurokirurgin toivomassa leikkausvaiheessa. Tällöin kraniotomia-alue suojataan ja alueelta poistetaan instrumentit. Kuvauksen ajaksi liinoilla suojatut instrumenttipöydät siirretään viereiseen valmistelutilaan, kuten myös imu-, diatermia-, ja poralaitteet sekä ruiskupumput. Potilas siirretään kiskoilla olevalla leikkauspöydällä magneettin avoimesta sivusta kuvausalueelle. Magneettikenttä voidaan nostaa ja laskea muutamissa minuuteissa. Kuvaukset vievät n. 15-45 minuuttia riippuen halutuista kuvaussekvensseistä.

Matalakenttämagneettia käytetään Oulussa neurokirurgiseen leikkaustoimintaan yhtenä päivänä viikossa, muuna aikana eri tyyppisiin radiologisiin toimenpiteisiin ja diagnostisiin tutkimuksiin. Tähän mennessä on operoitu 57 neurokirurgista potilasta (lähinnä eriasteisten gliomien leikkauksia), näistä 15 potilaalle leikkaus on tehty ns. valvekraniotomiassa kasvaimen sijaitessa toiminnallisesti tärkeän alueen kuten puhe- tai liikekeskuksen välittömässä läheisyydessä. Sedatioon on käytetty propofolia (Diprifusor) ja potilaan on annettu herätä neurofysiologista leikkausalueen kartoitusta varten. Pidempiaikaista kokemusta valvekraniotomian käytöstä on mm. Helsingissä ja Torontossa (27).

## Kirjallisuusviitteet

1. Nakstad PH. Interventional neuroradiology. Review article. *Acta Radiologica* 1999;40:344-359.
2. Souter MJ. Imaging and interventional neuroradiology. *Current Opinion in Anaesthesiology* 1999;12:529-536.
3. Terada T, Kinoshita Y, Yokote H, ym. The effect of endovascular therapy for cerebral arterial spasm, its limitation and pitfalls. *Acta Neurochir (Wien)* 1997;139:227-234.
4. Krayer S. Anaesthesia for interventional neuroradiology. *Current Opinion in Anaesthesiology* 2000;13:421-427.
5. Young WL, Pile-Spellman J. Anesthetic considerations for interventional neuroradiology. *Anesthesiology* 1994;80:427-456.
6. Manninen PH. Anaesthesia for neuroradiology. Refresher course outline. *Can J Anaesth* 1997;44:R34-R36.

7. Zander JE. Subarachnoid haemorrhage. *Current Opinion in Anaesthesiology* 1999;12:503-509.
8. Tateshima S, Murayama Y, ym. Endovascular treatment of basilar tip aneurysms using Guglielmi detachable coils: anatomic and clinical outcomes in 73 patients from a single institution. *Neurosurgery* 2000;47:1332-1342.
9. Lavine SD, Larsen DW, Giannotta SL, Teitelbaum GP. Parent vessel Guglielmi detachable coil herniation during wide-necked aneurysm embolization: treatment with intracranial stent placement: two technical case reports. *Neurosurgery* 2000;46:1013-1016.
10. Lowrie SP, Pelz DM, Fox AJ. Endovascular therapy of a large vertebral artery aneurysm using stent and coils. *Can. J. Neurol. Sci.* 2000;27:162-165.
11. Horowitz MB, Purdy PD. The use of stents in the management of neurovascular disease: a review of historical and present status. *Neurosurgery* 2000;46:1335-1343.
12. Hernesniemi J. Kallonsisäisten arteriovenoosisten epämuodostumien hoito. *Katsaus. Duodecim* 1995;111:2039-2046.
13. Meyer B, Schaller C, Frenkel C, ym. Distributions of local oxygen saturation and its response to changes of mean arterial blood pressure in the cerebral cortex adjacent to arteriovenous malformations. *Stroke* 1999;30:2623-2630.
14. The arteriovenous malformation study group. Arteriovenous malformations of the brain in adults. *Current Concepts. N E J Med* 1999;340:1812-1818.
15. Hashimoto T, Young WL, Aagaard BD, ym. Adenosine-induced ventricular asystole to induce transient profound systemic hypotension in patients undergoing endovascular therapy. Dose-response characteristics. *Anesthesiology* 2000;93:998-1001.
16. Pile-Spellman J, Young WL, Joshi S, ym. Adenosine-induced cardiac pause for endovascular embolization of cerebral arteriovenous malformations: technical case report. *Neurosurgery* 1999;44:881-887.
17. Qureshi AI, Luft AR, Sharma M, ym. Prevention and treatment of thromboembolic and ischemic complications associated with endovascular procedures: Part II - clinical aspects and recommendations. *Neurosurgery* 2000;46:1360-1376.
18. Qureshi AI, Luft AR, Sharma M, ym. Prevention and treatment of thromboembolic and ischemic complications associated with endovascular procedures: Part I - pathophysiological and pharmacological features. *Neurosurgery* 2000;46:1344-1359.
19. Qureshi AI, Ali Z, Suri MF, ym. Open-label phase I clinical study to assess the safety of intravenous eptifibatid in patients undergoing internal carotid artery angioplasty and stent placement. *Neurosurgery* 2001;48:998-1005.
20. Katisko J, Yrjänä S, Lappalainen M, ym. *Duodecim* 1999;115:1021-1028.
21. Menon DK, Peden CJ, Hall AS, ym. Magnetic resonance for the anaesthetist. Part I: physical principles, applications, safety aspects. *Anaesthesia* 1992;47:240-255.
22. Debatin JF, Adam G (Eds.). *Interventional magnetic resonance imaging*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998.
23. Peden CJ, Menon DK, Hall AS, ym. Magnetic resonance for the anaesthetist. Part II: anaesthesia and monitoring in MR units. *Anaesthesia* 1992;47:508-517.
24. Lufkin BR (Ed.) *Interventional MRI*. Mosby Inc 1999.
25. Peden CJ. Monitoring patients during anaesthesia for radiological procedures. *Current Opinion in Anaesthesiology* 1999;12:405-410.
26. Shellock FG, Shellock VI. Cardiovascular catheters and accessories: ex vivo testing of ferromagnetism, heating, and artifacts associated with MRI. *JMRI* 1998;8:1338-1342.
27. Manninen PH, Kucharczyk W. A new frontier: Magnetic resonance imaging-operating room. *J Neurosurg Anesthesiol* 2000;12:141-148.
28. Tronnier VM, Wirtz CR, Knauth M, ym. Intraoperative diagnostic and interventional magnetic resonance imaging in neurosurgery. *Neurosurgery* 1997;40:891-902,1997.

---

Eila Sonkajarvi, LL, anesthesiologian erikoislääkäri  
 Anestesiaklinikka, OYS  
 eila.sonkajarvi@ppshp.fi