

Millä menetelmällä kaulasuonet kannattaa kuvata

Erikoislääkäri Heli Silvennoinen, HUS-Röntgen

Yleistä kaulavaltimoiden kuvantamisesta

Aivohalvauksista 20–30 % aiheutuu sisemmän kaulavaltimon arterioskleroottisesta ahtaumasta, jonka tyyppipaikka on sisemmän kaulavaltimon tyvi. Ekstrakraniaalinen kaulavaltimon dissekaatio aiheuttaa 10–25 % nuorten ja keski-ikäisten aivohalvauksista. Harvinaisia kaulavaltimoahtauman syitä ovat fibromuskulaarinen dysplasia ja Takayasan arteriitti.

Kaulavaltimoiden kuvantaminen on aiheellinen kaikilla potilailla, joilla on aivoverenkiertohäiriö-oireita, koska hoidoilla voidaan vähentää kaulavaltimoahtauman aiheuttamaa komplikaatoriskiä. Kaulavaltimoahtauman kuvantamismenetelmiä ovat doppler-ultraääni (UÄ), tietokonetomografia-angiografia (TTA), magneettiangiografia (MRA) sekä digitaalinen subtraktioangiografia (DSA). UÄ on erittäin käyttökelpoinen kaulavaltimoahtauman seulontatutkimus. TTA ja MRA ovat noninvasiivisina kuvantamismenetelminä paljolti syrjäyttäneet perinteisesti käytetyn DSA:n. Sisemmän kaulavaltimon ahtauma luokitellaan lieväksi (30–49 %), keskivaikeaksi (50–69 %) tai vaikea-asteiseksi (70–99 %). TTA:n ja MRA:n tavallinen indikaatio on UÄ:ssä todettu keskivaikea (virtausnopeus 125–230 cm/s) tai vaikea (virtausnopeus > 230 cm/s) ahtauma, epäily totaalitukoksesta tai mikäli kliinisesti on vahva epäily merkittävästä ahtaumasta.

TTA:ssa ja MRA:ssa ahtauma-aste määritetään NASCET:n mukaan eli ahtauma-aste (%) = $(1-D/N) \times 100$ (D on avoimen lumenin pienin läpimitta ja N on saman verisuonen distalisemmin mitattu normaali läpimitta). Mittaukset tehdään aksiaalisuunnan pohjakuvista sopivaa ikkunointia käyttäen. On tärkeää, että mittaukset tehdään kohtisuoraan verisuonen pituusakseliin nähden ja referenssikohta (N) täytyy valita riittävän kraniaalisesti läpimitaltaan normaalistuneen suonen alueelta. Tietyissä tilanteissa ahtauman arvioinnissa voidaan käyttää apuna myös maximum intensity projection (MIP) reformaatteja.

TTA

Monirivisten TT-laitteiden kehittäminen on mahdollistanut suurta kuvausnopeutta ja -tarkkuutta vaativan verisuonten kuvantamisen. Tärkeitä kuvan laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat kuvausnopeus ja kuvauksessa käytetty leikepaksaus. Laitteiden rivimäärän lisääntyessä kuvausnopeus kasvaa, mikä mahdollistaa entistä ohuemman leikepaksuuden, minkä seurauksena kuvaresoluutio paranee. Tällä hetkellä on saatavilla jo 320-leikelaitteita, joilla voidaan kuvata on 16 cm pakka yhdellä putken pyörähdyksellä yhden sekunnin aikana. TTA:ssa käytettävän laskimonsisäisen jodivarjoaine-infusion oikea ajoitus on onnistuneen kuvauksen edellytys. Sopiva kuvauksen aloitusajankohta voidaan varmistaa ns. bolus tracking menetelmän avulla. Varjoainemäärä ja varjoaineen infuusionopeus riippuvat kuvauslaitteen nopeudesta.

Ahtauma-asteen mittauksessa on sopivan ikkunoinnin valinta on tärkeää jotta verisuonen lumen rajautuu mahdollisimman tarkasti ympäröiviin rakenteisiin ja erityisesti seinämäkalkkeumiin nähden. Kuvausdatasta voidaan tehdä esim. MIP-, multiplanar- ja volume rendering-reformaatteja. Uusi dual-energy TT-tekniikka mahdollistaa jodivarjoaineen erottamisen luurakenteista ja muista ympäröivistä materiaaleista. Kuvamalla samanaikaisesti kahdella eri kVp:lla kalkkeutunut plakki voidaan erottaa suonensisäisestä varjoaineesta, mikä voi tietyissä tilanteissa auttaa ahtauma-asteen arvioinnissa. Luurakenteet voidaan kokonaan poistaa kuvista, mikä voi helpottaa kallonpohjan tasolla olevien verisuoniahtaumien, esim. tandem-leesioiden havaitsemista.

TTA:n etuina ovat helppo saatavuus vuorokauden ympäri sekä kuvauksen nopeus, mikä mahdollistaa huonokuntoisten potilaiden tutkimuksen magneettikuvausta paremmin. Diagnostiikkaa häiritseviä liikeartefakteja esiintyy harvoin nopeasta kuvaustekniikasta johtuen. TTA:lla saadaan kuvatuksi verisuonen todellinen, virtausolosuhteista riippumaton anatomia, josta nähdään avoimen lumenin läpimitta, ahtauman pituus ja seinämäkalkit.

TTA:n haittapuolia ovat ionisoiva säteily sekä jodivarjoaine. Tutkimuksen kontraindikaatioita ovat munuaisten vajaatoiminta ja jodiallergia, tutkimusta ei myöskään mielellään tehdä raskauden aikana. Säderasitusta voidaan vähentää kuvausarvojen optimoinnilla sekä sädesuojilla. Uusimpien monileikelaitteiden aiheuttama säderasitus on huomattavasti vanhempia laitteita pienempi, esimerkiksi 256-leikelaitteella pään

kuvauksen sädeannos on todettu n. 50 % pienemmäksi kuin 16-leikelaitteella kuvattaessa. Myös kuvaukseen tarvittavan varjoaineen määrä on uusilla kuvauslaitteilla aiempaa pienempi kuvauksen nopeutumises-ta johtuen.

TTA:n sensitiivisyys ja spesifisyys kaulavaltimoahtaumassa on hyvä. TTA:n tarkkuudessa ahtauma-asteen arvioimisessa on kuitenkin kirjallisuudessa paljon vaihtelua käytetystä kuvauslaitteesta, kuvaustekniikasta ja potilasmateriaalista riippuen. Totaalitukoksessa TTA on osoit-tautunut luotettavaksi.

MRA

Magneettiangiografiassa on käytössä useita erilaisia kuvaustekniikoita. Time of flight (TOF) MRA tehdään ilman laskimonsisäistä varjoainet-ta. TOF-MRA on gradient echo- kuvaus, jossa tuore, saturoitumaton veri aiheuttaa kuvausalueella virratessaan verisuonessa lisääntyneen signaalin suhteessa ympäröivään saturoituneeseen staattiseen kudokseen. TOF MRA voidaan tehdä 2D- tai 3D-kuvauksena. Spatiaalinen resoluutio ja signaali-kohinasuhde ovat 3D TOF kuvauksessa 2D TOF:a paremmat, mutta kuvausalueen kattavuus on 2D kuvausta pie-nempi verisuonten saturaatioartefaktoista johtuen. MOTSA (multiple overlapping thin slab acquisition) on 2D- ja 3D- tekniikoiden yhdistel-mä ja sen etuina on 3D-kuvausta suurempi kuvausalue ja vähäisempi herkkyys saturaatioartefaktoille sekä 2D kuvausta parempi spatiaalinen resoluutio.

Gadolinium(Gd)-tehosteinen MRA perustuu nopeaan 3D kuvantami-seen laskimonsisäisen paramagneettisen varjoaineboluksen jälkeen. Verisuonen kontrasti perustuu gadolinium-injektion aiheuttamaan veren spinien T1 lyhenemiseen, minkä seurauksena verisuoni näkyy kirkas-signaalisenä. Kuvauksen onnistumisen edellytys on oikea varjoaine-boluksen ajoitus. Gd-MRA:n signaali-kohinasuhde on hyvä ja hidas virtaus näkyy siinä TOF-MRA:ta herkemmin, mikä parantaa herkkyyt-tä erityisesti voimakasasteisen ahtauman arvioinnissa. Gd-MRA:n lyhyt kuvausaika vähentää liikeartefaktoja. Kuvausalue on MOTSA-kuvaus-ta laajempi, se kattaa sekä kaula-että aivovaltimot.

MRA:n etuja ovat puuttuva säderasitus sekä se, että tutkimus voidaan haluttaessa tehdä ilman varjoainetta. Akuutissa aivoverenkiertohäiriös-sä voidaan saada ottaa diffuusio kuvat, joissa nähdään kattavasti tuore aivoiskemia.

MRA:n käyttöä rajoittaa sen TTA:ta huonompi saatavuus. Pitkästä kuvausajasta johtuen liikeartefaktat voivat alentaa kuvauksen tasoa, mikä on ongelma erityisesti kuvattaessa huonokuntoisia tai levottomia potilaita. Myös huonokuntoisten potilaiden valvonta voi tuottaa ongelmia. Sydäntahdistin ja tietyt muut metalliset vierasesineet voivat olla tutkimuksen esteenä. Hidas ja turbulenssi virtaus voivat aiheuttaa signaalikatoa, mikä johtaa ahtauma-asteen tai ahtauman pituuden yliarviointiin. TOF-kuvauksen taustakudoksen supressio voi olla vajavaista erityisesti rasvan tai hematooman methemoglobiinin suhteen, mikä voi aiheuttaa virtausta muistuttavaa kirkassignaalista artefaktia tai haitata verisuonen näkymistä. Vaikka gadolinium-varjoainetta on pidetty turvallisena, munuaisten vajaatoiminnassa sen käyttöön liittyy pieni riski saada harvinainen nefrogeeninen fibroosi.

Yleisesti ottaen MRA:lla on taipumus yliarvioida ahtauma-astetta tehtiinpä se varjoainetehosteisena että ilman varjoainetta. Preoperatiivisessa MRA:ssa suositellaan kummankin kuvaustekniikan käyttöä. MRA:n sensitiivisyydessä ja spesifisyydessä ahtauman arvioinnissa on kirjallisuudessa paljon vaihtelua riippuen kuvauslaitteesta, käytetystä kuvaustekniikasta, potilasmateriaalista sekä ahtauma-asteen kategoriasta.

Kaulavaltimoiden dissekaatiosta

Dissekaatio voi olla spontaani tai traumaattinen tai se voi liittyä muihin verisuonisairauksiin. Diagnoosi perustuu kliiniseen kuvaan ja kuvantamislöydökseen sekä muiden verisuonisairauksien poissulkuun, tärkeimpänä ateroskleroosi. Dissekaatiolle tyypillisiä löydöksiä ovat verisuonen kaventuminen tai tukkeutuminen, verisuonen epäsäännöllisyys, seinämän paksuuntuminen/hematooma, pseudoaneurysma ja kaksoislumen (intimal flap). Tromboembolisten komplikaatioiden riskiä voidaan vähentää varhaisella diagnoosilla ja antitromboottisella lääkityksellä.

MR/MRA ja TTA ovat kaulavaltimodissekaation yleisesti käytössä olevia noninvasiivisia kuvantamismenetelmiä ja ne ovat dissekaation diagnostiikassa melko tasaveroisia. Magneettikuvauksen etuna on, että MRA:n yhteydessä tehtävällä diffuusiokuvauksen avulla nähdä luotetavasti mahdollinen tuore aivoiskemia. Aksiaalisuunnan T1-rasvasuppressiokuvat (fs) voivat osoittaa intramuraalisen hematooman. FsT1 kuvien signaalilisa on kuitenkin jossain määrin epäspesifinen; myös

intraluminaalinen trombi voi näkyä kirkassignaalisenä ja sen erottaminen intramuraalisesta hematoomasta voi olla vaikeaa, samoin kuin kirkassignaalisenä näkyvän normaalin epiduraalisen venaplexuksen erottaminen vertebralidissektaation liittyvästä intramuraalisesta hematoomasta. Säderasituksen puuttumisen vuoksi MR/MRA on TTA:ta suositeltavampi tutkimus nuorilla potilailla sekä toistuvissa kontrollikuvauksissa.

TTA:n etuna on parempi saatavuus myös päivystysaikaan. TTA:n spatiaalinen resoluutio on MRA:ta parempi, mikä parantaa erityisesti kaapeiden suonirakenteiden muutosten erottumista. Intramuraalisen hematooman aiheuttama seinämäpaksuuntuma näkyy yleensä hyvin myös TTA:ssa. TTA todettiin eräässä tutkimuksessa MRA:ta paremmaksi vertebralidissektaatioiden havaitsemisessa. Myös totaalityksen erottaminen erittäin voimakasasteisesta ahtaumasta sekä pseudoaneurysman ja kaksoislumenin näkyminen oli TTA:ssa MRA:ta luotettavampi. Traumaattisessa dissektaatioissa TTA:n etuna on myös mahdollisten muiden traumamuutosten kuten nikamamurtumien ja pehmytkudosvammojen näkyminen samassa kuvauksessa.

Lopuksi

UÄ on hyvä kaulavaltimoahtauman seulontatutkimus. TTA ja MRA ovat käyttökelpoisia menetelmiä epäillyn merkittävän ahtauman varmistamiseksi ja tarkentamiseksi. Menetelmän valinta on tapauskohtainen ja riippuu myös käytettävissä olevista resursseista. HUS-Röntgenissä TTA on ensisijainen menetelmä arterioskleroottisessa ahtaumassa. Dissektaation osoittamisessa TTA ja MRA ovat samanveroiset.

Kirjallisuutta

- Elijovich L, Kazmi K, Gauvrit JY, Law M. The emerging role of multidetector row CT angiography in the diagnosis of cervical arterial dissection: preliminary study. *Neuroradiology* 48: 606–612, 2006.
- Fox AJ, Eliasziw M, Rothwell PM ym. Identification, prognosis, and management of patients with carotid artery near occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol* 26: 2086–2094, 2005.
- Hirai T, Korogi Y, Ono K. ym. Prospective evaluation of suspected stenooclusive disease of the intracranial artery: Combined MR angiography and CT angiography compared with digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 23: 93–101, 2002.

- Josephson SA, Bryant SO, Mak HK. *ym.* Evaluation of carotid stenosis using CT angiography in the initial evaluation of stroke and TIA. *Neurology* 63: 457–460, 2004.
- Lev MH, Romero JM, Goodman DNF. *ym.* Total occlusion versus hairline residual lumen of the internal carotid arteries: accuracy of single section helical CT angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 24: 1123–29, 2003.
- Liu Y, Hopper KD, Mauger DT, Addis KA. CT angiographic measurement of the carotid artery: optimizing visualization by manipulating window and level settings and contrast material attenuation. *Radiology* 217: 494–500, 2000.
- Randoux B, Marro B, Koskas F. *ym.* Carotid Artery Stenosis: Prospective comparison of CT, three-dimensional gadolinium-enhanced MR, and conventional angiography. *Radiology* 220: 179–185, 2001.
- Serfaty JM, Chirossel P, Chevallier JM. *ym.* Accuracy of three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography in the assessment of extracranial carotid artery disease. *AJR Am J Roentgenol* 175: 455–463, 2000.
- Silvennoinen HM, Ikonen S, Soinnie L, Railo M, Valanne L. CT Angiographic analysis of carotid artery stenosis; comparison of manual assessment, semi-automatic vessel analysis and digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 28: 97–103, 2007.
- Vertinsky A.T, Schwartz NE, Fischbein NJ. *ym.* Comparison of multidetector CT angiography and MR imaging of cervical artery dissection. *AJNR Am J Neuroradiol* 29: 1753–60, 2008.
- Wakhloo AK, Lieber BB, Seong J. *ym.* Hemodynamics of carotid artery atherosclerotic occlusive disease. *J Vasc Interv Radiol.* 15: 5111–21, 2004.