

Seppo K. Koskinen, Esa K. Tuominen ja Mari T. Nummela

Monivammapotilaan tietokonetomografia – miten kuvaan?

Monivammapotilaan keskeiseen tutkimusvalikoimaan kuuluva tietokonetomografia, trauma-TT, voidaan suorittaa monin eri tavoin. Protokolliin liittyy eroja tutkimuksen keston, diagnostisen osuvuuden ja säderasituksen osalta, ja näiden tunteminen on edellytys parhaan mahdollisen vaihtoehdon valitsemiselle. Tylpät kaulavaltimovammat ja niihin liittyvät iskeemiset aivotapahtumat eivät ole harvinaisia, ja kaulavaltimoiden kuvantaminen trauma-TT:n yhteydessä tulisi ottaa huomioon. Lävistävien vammojen kuvauksessa voidaan harkita suolistovarjoainetta, joka ei tylppiin vammojen yhteydessä ole tarpeen. Monienergia-TT tuo diagnostisia lisämahdollisuuksia muun muassa veren- vuodon ja iskeemisten vaurioiden havaitsemiseen. Vakavasti loukkaantuneiden ja lävistäviä vartalo- vammoja saaneiden kuvauksen tulee kattaa myös kaulavaltimot sekä vatsan ja lantion alue niin valtimo- kuin laskimovaiheessakin.

Hemodynaamisesti stabiilin monivam- mapotilaan ensivaiheen kuvantamiseen kuuluu nykyään olennaisena osana koko vartalon trauma-TT, jossa kuvataan pää, kaula- ranka ja vartalo (torso) sekä tarvittaessa raajat. Kuvaus on nopea, tarkka ja herkkä ja helposti omaksuttavissa, mikä tekee siitä ihanteellisen tutkimusmenetelmän tässä potilasaineistossa (1–3). Trauma-TT:n rutiinimainen käyttö ly- hentää päivystysalueella vietettyä aikaa, muut- taan jopa viidenneksen potilaista hoitoa ja vä- hentää kuolleisuutta (1,4–7).

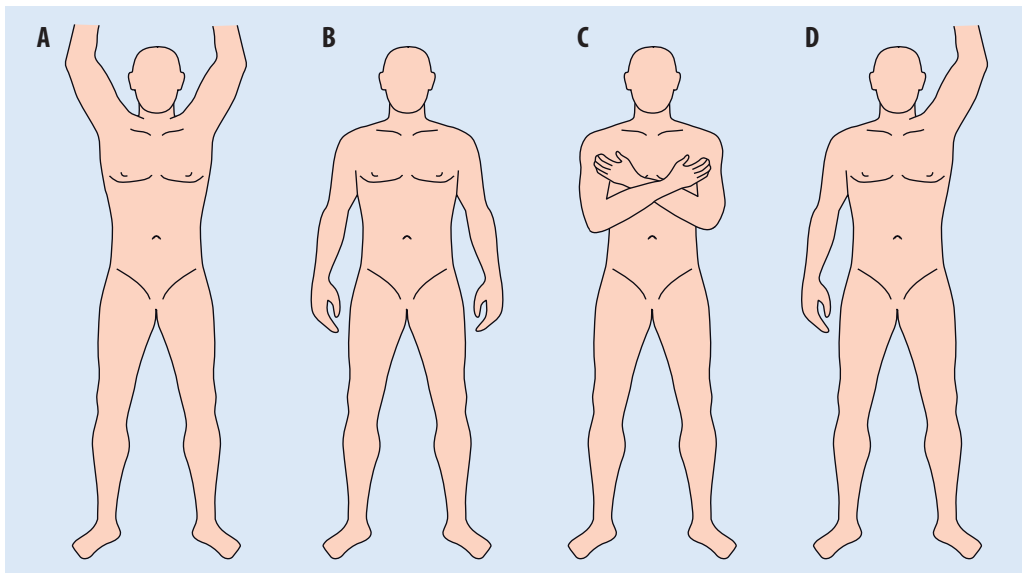
TT-laitteistojen kehityksen myötä aikaisem- mat tekniset rajoitteet nopeudessa, ilmaisimen leveydessä ja leikepaksuudessa, kuvausalueen pituudessa ja kuvadatan rekonstruktionopeu- dessa ovat suurimmaksi osin poistuneet. Nyky- vaatimukset täyttävä tutkimus on mahdollinen laitteistoilla, joissa ilmaisimen leveys on noin 4 cm ja tuotettu leikepaksuus alle 1 mm. Näin varmistetaan riittävä kuvausnopeus ja korkea- laatuiset kaksiulotteiset reformaatit. Menetel- män haittapuoli on suurehko sädeannos. Ku- vausindikaatioiden lisäksi kuvaustekniikkaan ja -protokollaan tulisi kiinnittää erityistä huo-

miota, jotta tutkimuksen diagnostinen arvo oli- si mahdollisimman suuri.

TT-protokollat vaihtelevat kuitenkin suuresti ja riippuvat niin potilasmateriaalista, käytettä- vissä olevasta laitteistosta, tottumuksesta kuin henkilökohtaisista mieltymyksistäkin (8,9). Esittelemme aikuisten monivammapotilaiden trauma-TT-kuvaustekniikoita, protokollien näyttöön perustuvia diagnostisia ominaisuuksia ja tulevaisuuden mahdollisuuksia. Protokol- lat on suunniteltu suurenergiaisen tylpän vam- man saaneiden diagnosointiin (muun muassa putoaminen korkealta, kaatuminen, liikenne- onnettomuus, puristuksiin joutuminen).

Kuvaus

Potilas tulee asetella kuvauspöydälle ja kuvata jalat edellä suoniyhdyden ja intubaatioputken letkujen hyvän saavutettavuuden takia. Varta- lon kuvaaminen ensiksi ilman varjoainetta on tarpeetonta ja lisää sädeannosta huomattavasti (10). Yläraajat tulee sijoittaa pään kuvauksen jälkeen pään yläpuolelle (**KUVA 1**) (11–14). Sädeannoksen minimoimiseksi potilas tulee si-



KUVA 1. Yläraajat tulee sijoittaa pään kuvauksen jälkeen pään yläpuolelle (A), sillä niiden sijoittaminen vartalon sivulle (B) aiheuttaa tulkintaa vaikeuttavia artefakteja erityisesti maksaan ja pernaan ja lisää sädeannosta merkittävästi. Vaihtoehtoisesti yläraajat voidaan asettaa vatsan päälle sijoitetun tyynyn päälle ristiin (C), jolloin artefaktit vähenevät mutta sädeannos on edelleen suuri. Yläraajavammoissa voidaan käyttää niin sanottua uimariasentoa, jossa vain terve käsi on pään yläpuolella (D) (7).

joittaa kuvausaukon keskelle, mielellään ilman traumapatjaa (15,16).

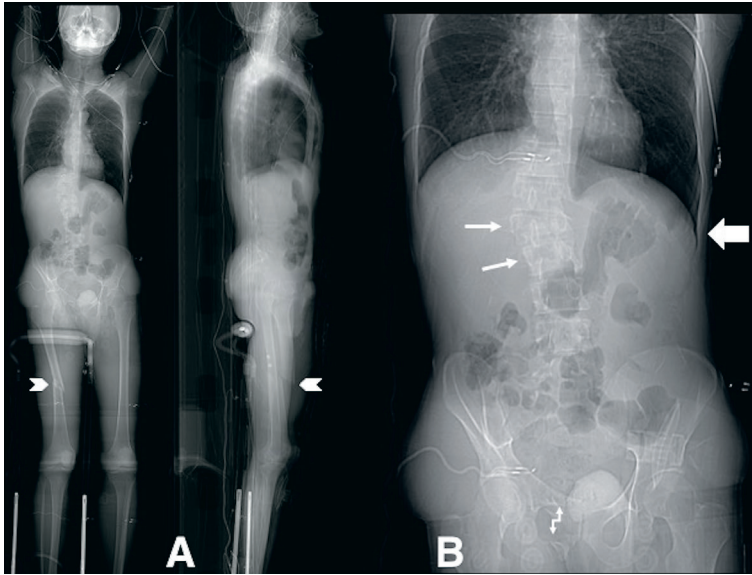
Kohdennekuva. TT-kuvaus alkaa niin sanotun kohdennekuvan ottamisella (KUVA 2). Siihen suunnitellaan varsinainen leikekuvaus. Tämä scout-kuva sisältää arvokasta alustavaa tietoa ja mahdollistaa muun muassa ilmarinnan, pitkien luiden ja lantion virheasentoisten murtumien ja vierasesineiden havaitsemisen. Hyvä käytäntö onkin katsoa kohdennekuva nopeasti läpi TT-laitteen kuvauskonsolin ääressä ennen varsinaisen kuvauksen aloitusta.

Kuvausprotokollat voidaan jakaa kahteen pääryhmään sen perusteella, pidetäänkö vartalon kuvausalueiden välillä tauko (ryhmä A, multipass) vai ei (ryhmä B, single pass). Tautetussa kuvauksessa pää (aivot) ja kaularanka kuvataan ilman varjoainetta, ja thorax sekä vatsa ja lantio kahtena erillisenä helikaali- eli spiraalikuvausena. Pään kuvauksen jälkeen yläraajat nostetaan vartalon yläpuolelle ja thorax kuvataan siten, että aortassa on hyvä varjoainepitoisuus, noin 25 s varjoaineen antamisen jälkeen. Vatsa kuvataan, kun sisäelinten kudokset ovat tehostuneet varjoaineella riittävästi eli niin sanotussa laskimovaiheessa noin 70 s varjoai-

neen antamisen jälkeen. Kasvojen luut voidaan kuvata joko erikseen tai pään tai kaularangan kuvauksen yhteydessä. Tieteellinen näyttö tämän klassisen protokollan diagnostisesta osuvuudesta eri elinten vammoissa on varsin vahva (17).

Yhtenäisen kuvauksen tekniikassa (single pass) pään kuvauksen jälkeen thorax, vatsa ja lantio kuvataan yhdellä kuvauksella. Kuvaukseen voidaan sisällyttää myös pää ja kaularanka, jolloin pään ja kaulan verisuonetkin kuvataan. Varjoaineen antaminen jakaa tämän tekniikan vielä kahteen alaryhmään eli yksi- ja kaksivaiheiseen (dual phase) tekniikkaan (TAULUKKO 1).

Yksi varjoaineannos, sitten kuvaus. Yhden varjoaineannoksen tekniikassa (single bolus) varjoaine ruiskutetaan maltillisella nopeudella 2,5 ml/s ja kuvaus voidaan ajoittaa siten, että vatsan elinten tehostuminen on jo tapahtunut mutta aortassa on vielä hyvä varjoainepitoisuus (3). Menetelmä on edelleen käyttökelpoinen. Nopeampi ruiskutus ja aikaisempi kuvauksen aloitus mahdollistivat hyvän varjoainepitoisuuden vatsan elinten lisäksi myös vatsan valtimoissa. Kuvauksen nopeutussa entisestään on varjoaineruiskutuksen ajoitus käynyt entistä tärkeämmäksi.



KUVA 2. Pitkä kohdennekuva (A) ja osasuurennus etukuvasta (B). "Deep sulcus sign" vasemmalla (paksu nuoli) ilmarinnan merkkinä, selkärankamurtumat (nuolet), lantionmurtuma (kaksipäinen nuoli) ja disloikoitunut reisimurtuma (nuolen pää).

Kuvausvaiheet yhdessä – jaettu varjoaineannos. Jaetun varjoaineannoksen (split bolus) tekniikassa varjoaine annetaan kahdessa vaiheessa siten, että niin aortta, vartalon valtimot kuin vatsan parenkymielimetkin tehostuvat hyvin (12). Kuvaus voidaan aloittaa joko kallopohjasta tai soliskuopista. Sädeannos on luonnollisesti pienempi kuin kahden kuvausvaiheen protokollassa. Vaikka kuvanlaatu on hyvä, ongelmaksi tässä protokollassa muodostuvat muun muassa aktiivisen vuodon ja valeaneurysman diagnosointi ja erottaminen toisistaan varjoainevaiheiden kuvautuessa päällekkäin (12,18). Tarkkaa ajallista vertailua

valtimo- ja laskimovaiheen välillä ei siten voida tehdä.

Varjoaineen suuri samanaikainen määrä maksassa huonontaa kontrastierotuskykyä, ja ainakin varjoaineen, jonka vahvuus on 400 mg/ml, käytöstä tulisi pidättäytyä. Tutkittua tietoa diagnostisesta osuvuudesta on kuitenkin hämmästyttävän niukasti, kun otetaan huomioon, että menetelmä on ollut käytössä jo useita vuosia (19). Erityisesti parenkymielinten valtimoiden, kaulasuonten ja lantion vammoista kaivataan lisää tutkimusta (19).

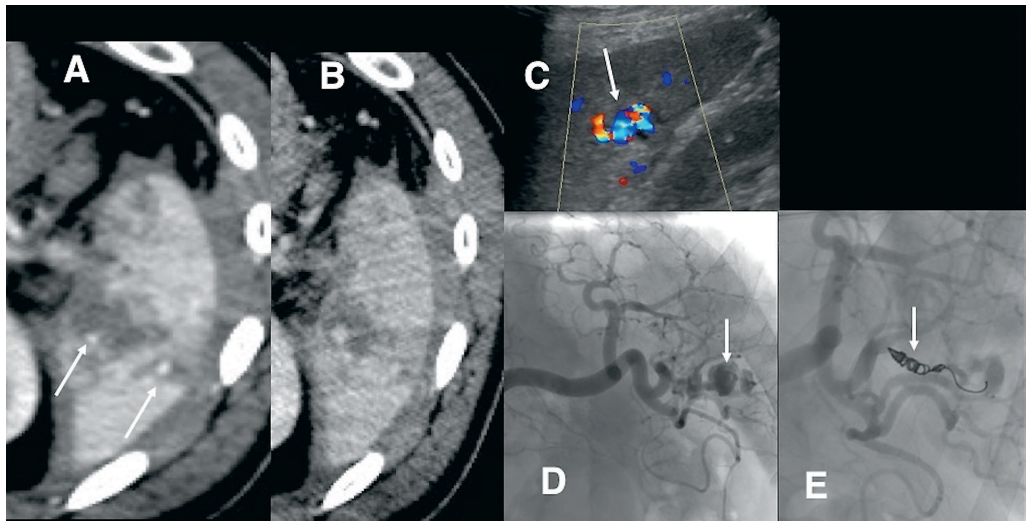
Kahden kuvausvaiheen tekniikka – yksi varjoaineannos. Kaksivaiheisessa tekniikassa

TAULUKKO 1. Vartalon kuvausprotokollat.

A. Tautettu kuvaus	Kuvauksessa pidetään tauko thoraxin ja vatsan kuvausten välillä	Totunnainen kuvaustapa
B. Yhtenäinen kuvaus	Vartalo kuvataan yhtäjaksoisesti, kuvaus voidaan aloittaa myös aivojen valtimokehän tasolta	Jaetaan eri alaryhmiin, joissa eroja sädeannoksessa ja diagnostisessa tarkkuudessa
B1 Yksi varjoaineannos	Yksi ruiskutus, yksi kuvaus	Kohtalainen valtimoiden ja hyvä sisäelinten tehostuminen
B2 Kaksi varjoaineannosta	Kaksi ruiskutusta, yksi kuvaus	Valeaneurysmien ja AV-fisteleiden diagnosointi epävarmaa
B3 Kaksivaiheinen, yksi varjoaineannos	Yksi ruiskutus, mutta osa vartalosta kuvataan kahteen kertaan (valtimo- ja laskimovaiheessa eli kahdessa faasissa)	Paras diagnostinen tarkkuus sisäelinten vammoissa, joihin liittyy verisuonivamma, suurin sädeannos

Laskimoon annettavasta varjoaineannoksesta käytetään nimitystä bolus ja kuvausvaiheesta nimitystä faasi (phase). Kuvauksen yhtenäisyyttä kuvaa termi pass.

AV-fisteli = valtimo-laskimofisteli



KUVA 3. Pernan valeaneurysma. **A.** Valtimovaiheen kuvissa erottuvat pernan repeämään liittyvät valtimotehostumat (nuolet), joita ei ole nähtävissä laskimovaiheen kuvissa (**B**). Löydös herättää epäilyn perनावaltimon valeaneurysmasta, joka vahvistui kaksi viikkoa myöhemmin tehdyssä dopplerkaikukuvauksessa (**C**, nuoli). Valeaneurysma (**D**, nuoli) hoidettiin suonensisäisesti koilaamalla (**E**, nuoli)

varjoaine annostellaan kerran (single bolus) ja kuvaus tehdään kahdessa vaiheessa (valtimo- ja laskimovaihe). Kuvaus aloitetaan valtimovaiheessa aivojen valtimokehän (circulus Willisi) tasolta ja ulotetaan reisiluiden proksimaalitasolle niin että kaulavaltimot tehostuvat hyvin. Aortta ja maksan sekä pernan valtimot kuvautuvat niin sanotun myöhäisen valtimovaiheen aikana (noin 25–30 s). Ylävatsan parenkymielimet kuvataan toiseen kertaan vielä laskimovaiheen aikana (**TAULUKKO 1** ja **2**) (20,21). Säteannoksen säästämiseksi vatsan laskimovaiheen kuvauksessa tulee käyttää iteratiivisen rekonstruktion suomia mahdollisuuksia (22).

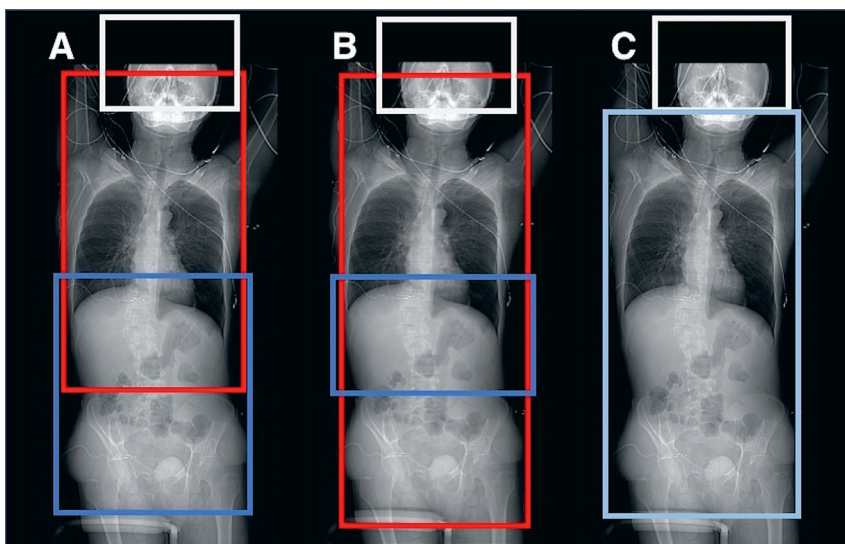
Näin tekemällä on mahdollista erottaa valtimovuoto laskimoperäisestä. Lisäksi voidaan todeta monivammojen ja suurenergiaisten vammojen yhteydessä esiintyvät kaulan valtimoiden vammat sekä pernan ja maksan traumaattiset valtimo-laskimofistelit (AV-fistelit) ja valeaneurysmat (20,23). Pernavammoihin liittyvien valeaneurysmien esiintyvyys vaihtelee, mutta jopa 15 %:n esiintyvyys on kuvattu (24).

Valeaneurysma voi vuotaa viivästyneesti (yleensä kolmen vuorokauden kuluessa), joten seuranta-TT tai kuvauksen ja intervention harkinta angioradiologisessa yksikössä on aiheellinen (**KUVA 3**). Lantiovammoissa kahden faasin

kuvaus voi erottaa laskimoperäisen vuodon angioembolisaatioon soveltuvista valtimovuodoista (25). Tämä kaksivaiheinen (dual phase) protokolla on käytössä useissa suurissa ja edistyksellisissä traumakeskuksissa, ja tieteellinen näyttö vammadiagnostiikan osuvuudesta mukaan lukien kaulasuonten ja maksan ja pernan vammat (valeaneurysmat ja kudospereämä) on melko hyvä (20,26). **KUVA 4** on esitetty kaavamaisesti kolme eri yhtenäisen kuvauksen tekniikkaa.

Kuvaa myös kaulavaltimot. Kaulavaltimovammojen esiintyvyys on noin muutaman prosentin eli sama kuin aorttavammoissa (21). Näihin vammoihin liittyy 8–38 %:n kuolleisuus ja hyvin huomattava riski saada aivoinfarkti (27,28). Kaulasuonten kuvantamisen aiheista tunnetuin lienee Denver-kriteeristö, jossa kuvantaminen on aiheellista tietyn vammamekanismin tai kuvantamislöydösten perustella (28). Merkittävä osa potilaista jää tämän kriteeristön ulkopuolelle, ja useat traumakeskukset soveltavatkin vapaampaa asteikkoja tai kuvaavat kaulasuonet kaikilta monivammapotilailta (29).

**Varjoaineen käyttöön liittyviä näkökoh-
tia.** Optimaalisen kuvauksen edellytys on riittävä varjoainepitoisuus valtimoissa riittävän jodipitoisen varjoaineen (yleensä 350 mg/ml) ja



KUVA 4. Kolmelle yhtenäiselle kuvaustekniikalle on yhteistä, että pää (valkoinen laatikko) kuvataan ilman varjoainetta. **A.** Kahden vaiheen tekniikassa kuvaus aloitetaan aivojen valtimokehän tasolta ja ulotetaan suoliluiden harjun tasoon. Kuvaus ajoitetaan siten, että kaulasuonissa ja rinta-aortassa on hyvä varjoainepitoisuus ja ylävatsan valtimopuusto tulee hyvin näkyviin. Tämän jälkeen kuvataan vatsa ja lantio vielä laskimovaiheessa. **B.** Kuten kuvassa A, mutta valtimovaiheen kuvaus ulotetaan koko lantion kattavaksi ja vain ylävatsa kuvataan laskimovaiheessa. **C.** Kaula ja vartalo kuvataan kerralla siten, että sekä valtimot että laskimot kuvautuvat hyvin (split-bolus). Valkoa laatikko = ei varjoainetta, punainen laatikko = valtimovaihe, sininen laatikko = laskimovaihe; vaaleansininen laatikko = valtimo- ja laskimovaihe yhdistetty. Näistä protokollista on lukuisia eri variaatioita.

riittävän nopean ruiskutuksen (5 ml/s) avulla (30). Tämä vaatii kunnollisen suoniytkeyden, ja suositeltavaa onkin asettaa vähintään 18 gaugen (G) kanyyli ensisijaisesti oikean kyynärtaipeen laskimoon. Tällöin välttyään tilanteelta, jossa liian suuri varjoainepitoisuus vasemmassa vena brachiocephalicassa aiheuttaa artefakteja ja tulkintavaikeuksia nousevaan aorttaan. Varjoainen ruiskutus keskuslaskimokatetrin kautta oikein suoritettuna on turvallista (31).

Jos ääreislaskimon kanylointi ei onnistu lainkaan ja potilaalla on luunsisäinen neula, voidaan varjoaineruiskutus tehdä sen kautta käsin tai koneellisesti nopeudella 2,5 ml/s. Luunsisäisen neulan kärjen sijainti luuytimessä ja toimivuus tulee tarkistaa etukäteen, eikä yläraajaa tule siirtää pään yläpuolelle (neulan asento voi muuttua). Lisäksi ruiskutuksenaikaiseen kivunlievitykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

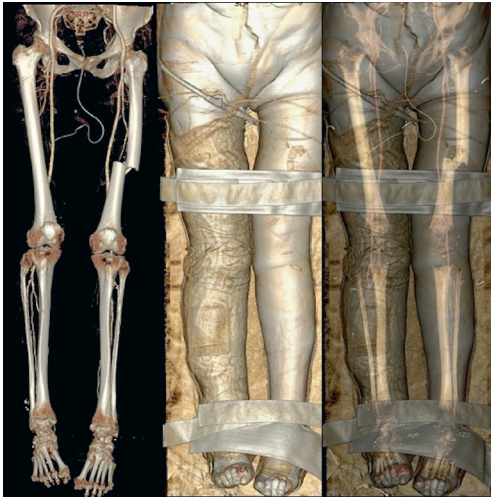
Röntgenpositiivisen suolistovarjoainen käytöstä tylppiin vammojen yhteydessä on kokonaan luovuttu (32).

Munuaisten ja virtsarakon vammat. Munuaismammoissa virtsatiet kuvataan uudelleen

viiden minuutin kuluttua (jälkikuvat), jotta mahdollinen varjoainen kulkeutuminen kollektiojärjestelmän ulkopuolelle (lekaasi) voidaan havaita (33). Jos epäillään virtsarakon repeämää, on TT-kystografia hyvä diagnostinen jatkotutkimus. Siinä virtsarakko täytetään katetrin kautta varjoainen ja keittosuolan laimealla sekoituksella (esimerkiksi 10 ml varjoainetta, jonka vahvuus on 350 mgI/ml, sekoitettuna 500 ml:aan keittosuolaliuosta ja vähintään 300–350 ml:n täyttö). Repeämätapauksissa varjoainetta kulkeutuu virtsarakon ulkopuolelle.

Alaraajavammat. Vakavien alaraajavammojen tapauksissa valtimovaiheen kuvantamista voidaan jatkaa niin distaalisesti kuin tarvitaan, minkä jälkeen kuvataan vatsa laskimovaiheessa. Alaraajojen valtimopuustosta voidaan tehdä erilliset kohdennetut angioreformaatit.

Reformaatit ja lausunto. Kolmessa ortogonaalisessa suunnassa tehdyt esimerkiksi 3 mm:n paksuiset kaksiuulotteiset reformaatit (aksiaali-, koronaali- ja sagittaalisuunnat) riittävät tavallisesti. Myös viistosuuntaisia refor-



KUVA 5. Kolmiulotteisten (3D) reformaattien käyttöä. Oikealla alaraajan ihon ja ihonalaiskudoksen laaja irtirepeämismamma (degloving injury).

maatteja on mahdollista tehdä (esimerkiksi rintalastan tai ristiluun suuntainen). Havainnolliset kolmiulotteiset reformaatit tehdään tarvittaessa (muun muassa lantionmurtumat, luinen rintakehä), mutta vamman tarkka elin-kohtainen diagnosointi ei ole kolmiulotteisista kuvista mahdollista (**KUVA 5**).

Digitaaliseen kuva-arkistoon kannattaa tallentaa myös ohuet aksiaalileikkeet radiologin työasemalla tapahtuvaa kuvanmuokkausta varten. Standardoitu lausuntomalli nopeuttaa lausunnon antamista ja toimii samalla tarkistuslistana. Strukturoidussa lausunnossa löydökset luetellaan aina samassa ruumiinosakohtaisessa järjestyksessä. Näin rakennetun lausunnon käyttö helpottaa myös klinikon työtä – silmä tottuu lausunnon rakenteeseen ja yleiskuvan potilaan löydöksistä voi saada yhdellä silmäyksellä. Kun tiettyä vammaa etsitään lausunnosta (esimerkiksi aorttavamma, nikamamurtuma), se erottuu helpommin kuin kerronnallisesta lausuntotekstistä.

Lävistävien vammojen kuvauksen erityispiirteet

Lävistävässä vammoissa kaikki haavat merkitään, esimerkiksi rasvakapseleilla (E-vitamiinikapseli) puukotusjälkien tai ampumavamman

sisään- ja ulosmenoaukon havaitsemiseksi (34).

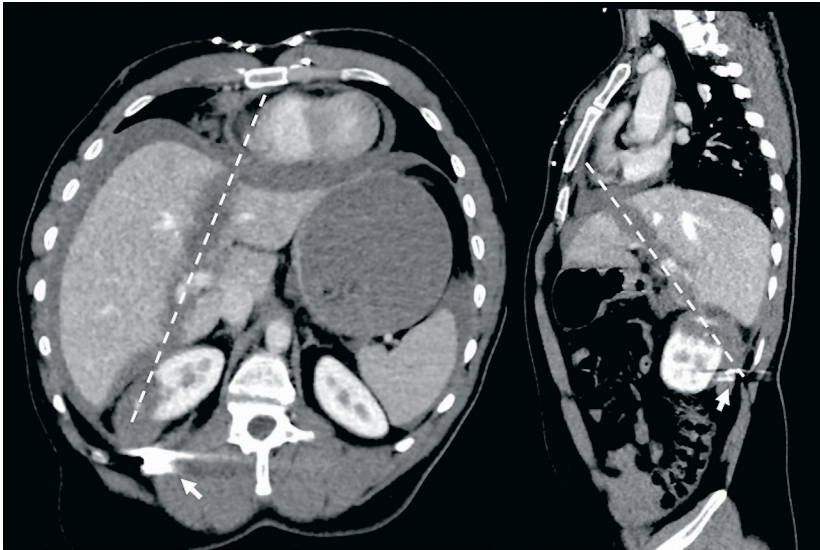
Varjoaineetonta kuvausta ei lävistävissä vammoissa tarvita. TT:hen tulee sisällyttää valtimovaiheen kuvaus aktiivisen vuodon osoittamiseksi. Suositeltavinta on kuvata vatsa ja lantio sekä laskimo- että valtimovaiheessa. Pään ja kaulan lävistävien vammojen kaksivaiheista kuvausta voidaan myös harkita laskimovaurioiden osoittamiseksi.

Vartalon lävistävien vammojen yhteydessä voidaan harkita niin sanottua triple-contrast-tekniikkaa, jossa laskimonsisäisen varjoaineen lisäksi annetaan varjoainetta suun ja peräsuolen kautta. Menetelmällä on osoitettu olevan hyvä negatiivinen ennustearvo, ja siten se vähentää turhia laparotomioita (35). Suolivammojen diagnostisen osuvuuden osalta tulokset ovat ristiriitaiset (36). Ennen maha-suolikanavan varjoaineen antamista radiologin on hyvä konsultoida hoitavaa kirurgia paikallisen käytännön selvittämiseksi.

Ortogonaalisten kaksikulotteisten reformaattien lisäksi tulisi tehdä trajektografia eli reformaatit pistokanavan suuntaisesti tai ampumavammoissa sisään- ja ulostuloaukon suuntaisesti, jolloin muun muassa palleavammojen diagnostiikka helpottuu (**KUVA 6**) (37). Ampumavammojen osalta on muistettava, että luodin kulkusuunta on harvoin täysin suora. Yksityiskohtainen pohjoismainen lävistävien vammojen kuvantamissuositus on saatavilla (nordictraumarad.com/guidelines).

Säderasitus ja säteilyn vähentämisen uudet menetelmät

Traumapotilaan TT:n sädeannos on suurehko verrattuna useimpiin muihin TT:ihin. Tyypillinen sädeannos koko traumaprotokollan osalta on noin 10–30 mSv, joka vastaa suomalaisen 3–10 vuoden vuotuista sädeannosta (22,38). Tutkimuskohtaiseen sädeannokseen vaikuttavat suuresti potilaan laitteeseen asettelun ja keskittämisen vaativuus sekä hoidon kannalta välttämättömät välineet kuvausalueella (muun muassa traumapatja potilaan alla). Diagnostisen kuvanlaadun varmistamiseksi kuvauslaitteiden annosautomaattiikka johtaa näistä syistä usein suurempaan sädeannokseen.



KUVA 6. Esimerkki trajektografiasta. Luoti on oikean munuaisen takana (nuoli). Leikesuunnat noudattavat luodin kulkureittiä (katkoviiva).

Iteratiiviset kuvarekonstruktio menetelmät ovat kehittyneet traumakuvaukseen sopiviksi, eikä kuvalaskenta enää aiheuta ylimääräistä viivettä traumapotilaan diagnosointiin. Menetelmä vähentää kohinaa ja säilyttää diagnostisen kuvanlaadun pienemmällä sädeannoksella kuvatuissa tutkimuksissa. Lisäksi kuvaus on mahdollista pienemmällä putkijännitteellä (80 kV tai 100 kV) ja tuottaa paremman varjoainekontrastin ja pienemmän sädeannoksen erityisesti valtimovaiheessa. Tekoälypohjaiset sovellukset vähentävät säderasitusta entisestään.

Monivammapotilaan TT on kertaluonteinen ja aina vakavassa, elintoimintoja uhkaavassa tilanteessa tehtävä tutkimus, jonka säteilyriskit ovat vähäiset saavutettavissa olevaan terveyshyötyyn verrattuna. Sädeannoksen pienentäminen diagnostisen suorituskyvyn kustannuksella ei siten ole perusteltua. Uuden laitetekniikan avulla on voitu siirtyä yhden faasin tekniikasta monivaiheiseen jonkin verran pienemmällä kokonais sädeannoksella. Monivaiheisella kuvauksella havaittiin tässä asetelmassa merkitsevästi enemmän valtimovammoja (22).

Monienergia-TT

Traumaradiologiassa spektraalinen kuvantaminen (monienergia-TT) avaa uusia diagnostisia mahdollisuuksia (39). Kuvamateriaalista voi-

daan rekonstruoida niin sanottu virtuaalinaltiivikuva, jolloin esimerkiksi lantiovammoissa voidaan erottaa varjoaine luuframenteista. Lisäksi varjoaineen ja kudoksen välinen kontrasti paranee, jolloin tehostumattoman suolen osa tai parenkymielinten vammat ja aktiivinen valtimovuoto näkyvät paremmin.

Luuytimen turvotuksen (luukontuusion) havaitseminen on aikaisemmin vaatinut magneettikuvauksen, mutta monienergialla se saadaan TT:ssä näkyviin. Näin myös okkulttien murtumien havaitseminen tulee mahdolliseksi. Lisäksi menetelmä mahdollistaa aivovammoissa syntyvän endoteelivaurion kautta tapahtuvan jodivarjoaineen ekstravasaation (lekaasi) kvantifioinnin, jolla puolestaan on ennustearvoa kuolleisuuden osalta (40). Toistaiseksi näiden tekniikoiden käyttö vaatii erillisen kuvauspro-

TAULUKKO 2. Esimerkkejä varjoaineen (350 mg/ml) ruiskutusnopeuksista ja -määristä.

Kaksi varjoaineannosta, B2: 80 ml (4 ml/s), 20 s:n tauko, 40 ml (5 ml/s), kuvaus 12 s myöhemmin. Molempien varjoaineruiskutusten jälkeen 40 ml NaCl:ia (4 ml/s) (12).

Kaksivaiheinen, B3: 60 ml (5 ml/s) + 60 ml (4 ml/s) ja sitten 30 ml NaCl:ia (4 ml/s). Valtimovaiheen kuvaus 20 s (alle 55-vuotiaat) tai 25 s (55 vuotta täyttäneet) varjoaineruiskutuksesta, laskimovaihe 45 s:n kuluttua valtimovaiheen kuvauksen lopettamisesta (7).

Ajan säästämiseksi varjoaineen ajoituksessa voidaan käyttää kiinteitä ennakkoaikoja (7).

Ydinasiat

- ▶ Monivammapotilaan keskeinen kuvantamistutkimus on trauma-TT.
- ▶ Kohdennekuva (scout) sisältää usein arvokasta diagnostista tietoa.
- ▶ Trauma-TT:n kuvausprotokollat vaihtelevat suuresti, ja niiden diagnostisessa tarkkuudessa on eroja.
- ▶ Kuvausprotokollan suunnittelussa tulee huomioida traumapotilaan vammamekanismi, kliininen kuva ja kysymyksenasettelu sekä kaulavaltimovamman mahdollisuus.
- ▶ Monienergia-TT tuo kuvantamisdiagnostiikkaan uusia mahdollisuuksia.

tokollan, jonka haasteena on sen sovittaminen yhtenäistettyihin kuvauskäytäntöihin.

Lopuksi

Suomessa tulisi harkita trauma-TT-protokollien yhtenäistämistä ainakin suurimmissa yksiköissä. Protokolla tulee räätälöidä vammamekanis-

min, kliinisen kuvan ja kysymyksenasettelun mukaan niin, että edellä mainittujen kuvausohjelmien ongelmakohdat otetaan huomioon. Eduksi katsotaan, jos protokollan diagnostisesta osuvuudesta on olemassa tutkittua tietoa.

Tavallisesti 4–6 eri protokollaa riittää. Vakavasti loukkaantuneiden potilaiden (massiivinen verenvuoto, kaikukuvauksessa todettu neste rinta- tai vatsaontelossa) ja lävistävien vartalon vammojen osalta lähtökohtana voidaan pitää kaulavaltimot huomioivaa kaksivaiheista (valtimo- ja laskimovaiheen kuvaus) kuvausta. Nykytiedon valossa ei ole perusteltua jättää suurienergiaisen vamman saaneen potilaan kaulavaltimoita kuvaamatta silloin kun kaularanka joka tapauksessa kuvataan ja laskimonsisäinen varjoaine annetaan.

Varjoaine on kriittisen tärkeä vammojen tarkastelussa, eikä sen antamisesta tule pidättäytyä edes huonon munuaisten toiminnan vuoksi. Kun kyseessä on lävistävä vartalon vamma, harkitaan suun ja peräsuolen kautta annettavaa varjoainetta. Pienemmissä yksiköissä, joissa vakavasti vammautuneiden potilaiden kuvausmäärät ovat vähäisemmät, lienee perusteltua pitäytyä yhdessä yksinkertaisessa trauma-TT-protokollassa. ■

SEPPO K. KOSKINEN, LT, radiologian dosentti, professori
Terveystalo, Helsinki

ESA K. TUOMINEN, LT, radiologian erikoislääkäri
Pohjola Sairaala, Helsinki

MARI T. NUMMELA, LL, radiologian EL, osastonlääkäri
HUS, Kuvantaminen, Töölön sairaalan röntgen

VASTUUTOIMITTAJA
Helka Parviainen

SIDONNAISUUDET

Seppo K. Koskinen: Ei sidonnaisuuksia
Esa K. Tuominen: Ei sidonnaisuuksia
Mari T. Nummela: Ei sidonnaisuuksia

KIRJALLISUUTTA

1. Salim A, Sangthong B, Martin M, ym. Whole body imaging in blunt multisystem trauma patients without obvious signs of injury: results of a prospective study. *Arch Surg* 2006;141:468–73; discussion 473–5.
2. Rieger M, Czermak B, El Attar R, ym. Initial clinical experience with a 64-MDCT whole-body scanner in an emergency department: better time management and diagnostic quality? *J Trauma* 2009;66:648–57.
3. Leidner B, Beckman MO. Standardized whole-body computed tomography as a screening tool in blunt multitrauma patients. *Emergency Radiology* 2001;8:20–28.
4. Weninger P, Mauritz W, Fridrich P, ym. Emergency room management of patients with blunt major trauma: evaluation of the multislice computed tomography protocol exemplified by an urban traumacenter. *J Trauma* 2007;62:584–91.
5. Wurmb TE, Quaisser C, Balling H, ym. Whole-body multislice computed tomography (MSCT) improves trauma care in patients requiring surgery after multiple trauma. *Emerg Med J* 2011;28:300–4.
6. Huber-Wagner S, Lefering R, Quick LM, ym; Working Group on Polytrauma of the German Trauma Society. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009;373(9673):1455–61.
7. Gunn ML, Kool DR, Lehnert BE. Improving outcomes in the patient with polytrauma: a review of the role of whole-body computed tomography. *Radiol Clin North Am* 2015;53:639–56.
8. Hinzpeter R, Boehm T, Boll D, ym. Imaging algorithms and CT protocols in trauma patients: survey of Swiss emergency centers. *Eur Radiol* 2016;27:1922–8.
9. Wiklund E, Koskinen SK, Linder F, ym. Whole body computed tomography for trauma patients in the Nordic countries 2014. Survey shows significant differences and a need for common guidelines. *Acta Radiol* 2016;57:750–7.
10. Naulet P, Wassel J, Gervaise A, ym. Evaluation of the value of abdominopelvic acquisition without contrast injection when performing a whole body CT scan in a patient who may have multiple trauma. *Diagn Interv Imaging* 2013;94:410–7.
11. Kahn J, Grupp U, Maurer M. How does arm positioning of polytraumatized patients in the initial computed tomography (CT) affect image quality and diagnostic accuracy? *Eur J Radiol* 2014;83:e67–71.
12. Beenen LF, Sierink JC, Kolkman S, ym. Split bolus technique in polytrauma: a prospective study on scan protocols for trauma analysis. *Acta Radiol* 2015;56:873–80.
13. Karlo C, Gnannt R, Frauenfelder T, ym. Whole-body CT in polytrauma patients: effect of arm positioning on thoracic and abdominal image quality. *Emergency Radiology* 2011;18:285–93.
14. Brink M, de Lange F, Oostveen LJ, ym. Arm raising at exposure-controlled multidetector trauma CT of thoracoabdominal region: higher image quality, lower radiation dose. *Radiology* 2008;249:661–70.
15. Loewenhardt B, Buhl M, Gries A, ym. Radiation exposure in whole-body computed tomography of multiple trauma patients: bearing devices and patient positioning. *Injury* 2012;43:67–72.
16. Li J, Udayasankar UK, Toth TL, ym. Automatic patient centering for MDCT: effect on radiation dose. *Am J Roentgenol*. 2007;188:547–52.
17. Novelline RA, Rhea JT, Rao PM ym. Helical CT in emergency radiology. *Radiology* 1999;213:321–39.
18. Marovic P, Beech PA, Koukounaris J, ym. Accuracy of dual bolus single acquisition computed tomography in the diagnosis and grading of adult traumatic splenic parenchymal and vascular injury. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2017;61:725–31.
19. Jeavons C, Hacking C, Beenen LF, ym. A review of split-bolus single-pass CT in the assessment of trauma patients. *Emergency Radiology* 2018;25:367–74.
20. Boscak AR, Shanmuganathan K, Mirvis SE, ym. Optimizing trauma multidetector CT protocol for blunt splenic injury: need for arterial and portal venous phase scans. *Radiology* 2013;268:79–88.
21. Schueller G, Scaglione M, Linsenmaier U, ym. The key role of the radiologist in the management of polytrauma patients: indications for MDCT imaging in emergency radiology. *Radiol Med* 2015;120:641–54.
22. Alagic Z, Eriksson A, Drageryd E, ym. A new low-dose multi-phase trauma CT protocol and its impact on diagnostic assessment and radiation dose in multi-trauma patients. *Emerg Radiol* 2017;24:509–518. doi: 10.1007/s10140-017-1496-4. Epub 2017 Apr 5.
23. Bonatti M, Vezzali N, Ferro F, ym. Blunt cerebrovascular injury: diagnosis at whole-body MDCT for multi-trauma. *Insights Imaging* 2013;4:347–55.
24. Uyeda JW, LeBedis CA, Penn DR, ym. Active hemorrhage and vascular injuries in splenic trauma: utility of the arterial phase in multidetector CT. *Radiology* 2014;270:99–106.
25. Anderson SW, Soto JA, Lucey BC, ym. Blunt trauma: feasibility and clinical utility of pelvic CT angiography performed with 64-detector row CT. *Radiology* 2008;246:410–9.
26. Atluri S, Richard HM 3rd, Shanmuganathan K. Optimizing multidetector CT for visualization of splenic vascular injury. Validation by splenic arteriography in blunt abdominal trauma patients. *Emergency Radiology* 2011;18:307–12.
27. Rutman AM, Vranic JE, Mossa-Basha M. Imaging and management of blunt cerebrovascular injury. *Radiographics* 2018;38:542–563.
28. Biffi WL, Moore EE, Ryu RK, et al. The unrecognized epidemic of blunt carotid and arterial injury. *Ann Surg* 1998;228:462–70.
29. Bruns BR, Tesoriero R, Kufera J, ym. Blunt cerebrovascular injury screening guidelines: what are we willing to miss? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;76:691–5.
30. Bae K T. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches. *Radiology* 2010;256:32–61.
31. Sanelli PC, Deshmukh M, Ougorets I, ym. Safety and feasibility of using a central venous catheter for rapid contrast injection rates. *Am J Roentgenol* 2004;183:1829–34.
32. Stuhlfaut JW1, Soto JA, Lucey BC, ym. Blunt abdominal trauma: performance of CT without oral contrast material. *Radiology* 2004;233:689–94.
33. Kawashima A, Sandler CM, Corriere JN Jr, ym. Ureteropelvic junction injuries secondary to blunt abdominal trauma. *Radiology* 1997;205:487–92.
34. Nummela MT, Thorisdottir S, Oladottir G, ym. Imaging of penetrating thoracic trauma in a large nordic trauma center. *Acta Radiol Open* 2019 Dec 20;8(12):2058460119895485. doi: 10.1177/2058460119895485. eCollection 2019 Dec.
35. Shanmuganathan K, Mirvis SE, Chiu WC, ym. Penetrating torso trauma: triple-contrast helical CT in peritoneal violation and organ injury—a prospective study in 200 patients. *Radiology* 2004;231:775–84.
36. Jawad H, Raptis C, Mintz A, ym. Single-contrast CT for detecting bowel injuries in penetrating abdominopelvic trauma. *Am J Roentgenol* 2018. 210:761–5.
37. Dreizin D, Borja MJ, Danton GH, ym. Penetrating diaphragmatic injury: accuracy of 64-section multidetector CT with trajectoryography. *Radiology* 2013;268:729–37.
38. Geyer LL, Körner M, Harrieder A, ym. Dose reduction in 64-row whole-body CT in multiple trauma: an optimized CT protocol with iterative image reconstruction on a gemstone-based scintillator. *Br J Radiol* 2016;1061:89:20160003. doi:10.1259/bjr.20160003
39. Wortman JR, Uyeda JW, Fulwadhva UP, ym. Dual-Energy CT for Abdominal and Pelvic Trauma. *Radiographics*. 2018;38:586–602.
40. Bodanapally UK, Shanmuganathan K, Ramaswamy M, ym. Iodine-based dual-energy CT of traumatic hemorrhagic contusions: relationships to in-hospital mortality and short-term outcome. *Radiology* 2019;292:730–8.