

Kuvausparametrit ja niiden vaikutus kuvanlaatuun ja sädeannokseen

Ylilääkäri Eila Lantto, HUS

”Kuvausparametrit ja niiden vaikutus kuvanlaatuun ja sädeannokseen” on jaettu neljään luento-osuuteen. Mika Kortensniemi painottaa luennossaan ja lyhennelmässään optimoinnin fysikaalisia perusteita ja minä niiden kliinisiä sovelluksia, kuvanlaadun vallinnan perusteita sekä varjoaineen käytön optimointia.

TT-tutkimusten aiheuttama osuus väestön kollektiiviannoksesta on noussut kaiken aikaa. Euroopassa suurin osa TT-kuvauksista tehdään pään alueelle, mutta suurimman osuuden väestön annoksista aiheuttavat vatsan alueen kuvaukset. Säteilyannoksissa on eri sairaaloiden välillä suuria eroja samoillakin indikaatioilla kuvattaessa. Ne johtuvat osin laitteiden teknisistä eroista, mutta suurimmalta osin ”optimointieroista”, ts. erilaisista koneen käyttö- ja kuvaustavoista.

Oikeutusarvioinnin tulisi sisältää TT:ssä kaksi osaa eli arvion siitä, onko tutkimus yleensä oikeutettu lähetteessä mainituilla tiedoilla, sekä arvion siitä, millaista kuvanlaatua ja kuvausohjelmaa kyseinen indikaatio edellyttää. *Annosoptimoinnissa* tulee ensin määrittää tarvittava diagnostinen kuvanlaatu kullekin indikaatiolle ja sen jälkeen annostehokkuutta tulee parantaa eli annosta pienentää kaikilla niillä keinoilla, jotka laite/tekniikka sallii ko. diagnostiseen kuvanlaatuun pääsemiseksi.

Diagnostisen kuvanlaadun määrittäminen kullekin indikaatiolle on optimoinnin vaikein osa. Absoluuttisia tai numeerisia kriteereitä on käytännössä mahdotonta määrittää. Niinpä standardina täytyy käyttää ”harjaantuneen radiologin suorituskykyä” – radiologin, joka ymmärtää ALARA- ja DIMOND-periaatteet. Subjekttiivisen kuvanlaadun määrittelyssä ovat *pienen tiheyserojen näkeminen* (matalan kontrastin resoluutio) ja *pienen yksityiskohtien erottaminen* (spatialiresoluutio, paikkaerotuskyky) tärkeitä. *Aikaerotuskyky* (temporaaliresoluutio) korostuu sydänkuvauksissa. Näiden mittareiden painotus vaihtelee indikaatioittain.

Putkijännitteen (kV) ja sähkömäärän (mAs) pienentäminen lisää aina *kohinaa*, joka huonontaa kuvanlaatua ja vaikeuttaa erityisesti pienten tiheyserojen näkemistä. Kun kuvataan parenkyymielimiä laskimovaiheessa tai natiivina tai haetaan pieniä tiheyseroja, tarvitaan matalampi kohinainen kuvaus eli em. kuvausarvoja tulee laskea harkiten (poikkeuksena esim. kylkikipu-TT). Sen sijaan kohteissa, joissa on luonnostaan tai varjoaineella aikaansaadut suuret kontrastierot (esim NSO, keuhkot, verisuonet, urografia), voidaan käyttää pienempiä kuvausarvoja ja sallia enemmän kohinaa. Suurin osa kuvauskohteista ja -indikaatioista jää edellisten välimaastoon.

Aivojen alueella tarvitaan lähes aina hyvää kuvanlaatua sekä natiivi- että varjoaineteosteisissa kuvauksissa, koska aivoissa pienten tiheyserojen näkeminen on tärkeää. Poikkeuksena ovat vain lasten shunttikontrollit, perfuusiokuvaukset ja aivojen TT-angiografiat. Tosin aivojen angiografioissakin pienten suonten hyvä diagnostiikka edellyttää erinomaista paikkaerotuskykyä. Sen sijaan keuhkoissa on luonnostaan hyvät kontrastierot ja säteily vaimenee siellä vähemmän kuin esim. vatsan alueella, jolloin annosvaatimus thoraxin alueella on selkeästi pienempi kuin vatsassa. Thoraxin alueella voidaan lähes kaikilla indikaatioilla sallia kohinaa enemmän kuin vatsan alueella.

Vatsan alueella kuvanlaadun vaatimus vaihtelee indikaatioittain. Periaatteet kuvanlaadun valintaan vatsan kuvauksissa on esitetty toisessa luentolyhennelmässä.

Yksinkertaisin ja tavallisin tapa laskea sädeannosta on *putkivirran (mA) tai sähkömäärän (mAs) säätäminen* potilaan painon / koon perusteella tai automaattisen virran kontrollin avulla (ATCM). Käytettäessä automaattista putkivirran modulaatiota käyttäjän tärkeä tehtävä on valita kohteelle ja indikaatiolle sopiva (= diagnostisesti riittävä) kuvanlaatu laitemerkistä riippuen joko kohinaindeksin (NI), standardideviaation (SD) tai referenssi mAs-arvon perusteella. Käyttäjän valinnan perusteella laite sitten säätää potilaskohtaisesti putkivirtaa potilaan koon ja tiiviydän mukaisesti. ATCM:n periaatteet on tarkemmin selitetty M.Kortesniemen luennolla. Kannattaa muistaa, että esim. vartalon alueella sama NI / SD / ref mAs aiheuttaa keuhkojen alueella n. 30 % vähemmän ja vatsassa n. 25 % enemmän kohinaa kuin mediastinumissa elinten vaimenemiseröjen vuoksi.

Putkijännitteen säätäminen on haastavampaa. Jännitteen alentamien pienentää säteilyannosta, mutta sen vaikutus kuvanlaatuun on monimutkaisempi. Jännitteen alentaminen parantaa varjoaineella tehostuvien rakenteiden kontrastia, mutta samanaikaisesti lisää kohinaa, varsinkin isoilla potilailla, ellei mAs-arvoa nosteta samalla. Oikean jännitteen valinnan määrittävät siten kuvausindikaatio, jodivarjoaineen käyttö ja potilaan koko. Kun kuvauskohteena on verisuoni tai muu rakenne, johon jodi aiheuttaa merkittävän tehostumisen (ts. jodin CNR on tärkeä), jännitteen laskeminen on kannattavaa (esim. angiografioissa, benigneissä urografiaindikaatioissa, monivaiheisten vatsakuvausten valtimovaiheessa). Isokokoisilla potilailla jännitettä ei tule kuitenkaan laskea liikaa! Kuvattaessa natiivina tai kun kohteena on elin, johon jodi ei aiheuta merkittävää tehostumista, jännitteen lasku on kannattavaa vain lapsilla ja pienillä aikuisilla. Varjoainetehosteiset vatsan ja lantion kuvaukset kuuluvat edellisten ”välimaastoon” ja niissä on haettava tasapaino varjoainetehostumisen ja kohinan väliltä. Tällöin on jännitettä laskiessa tärkeää nostaa putkivirtaa, ettei kohinataso nouse liialliseksi. Maltillinen jännitteen lasku on vatsan kuvauksissakin hyödyllinen, sillä pehmytkudosten vaimenemiserot ovat matalilla energioilla suurempia kuin korkeilla energioilla (ts. kontrasti paranee). Jos kuvausalueella on metallia, jännitettä ei yleensä kannata laskea, vaan sitä täytyy jopa nostaa.

Jännitettä laskettaessa kannattaa samalla yleensä nostaa putkivirtaa tai sähkömäärää (angiografioissa maltillisesti, parenkymielimiä kuvattaessa reilummin). Kuvia kannattaa katsoa leveämmällä ikkunalla, koska voimakas varjoainetehostuminen lisää vaikutelmaa kohinasta. Koska matalammalla jännitteellä jodin CNR korostuu, voi varjoaineen määrää pienentää.

Jodivarjoaineen käytön optimointi

Varjoaineen tarkoitus TT-kuvauksessa on lisätä kohteen kontrastieroja (auttaa pesäkkeiden ja rakenteiden näkymisessä) ja auttaa patologian karakterioinnissa. Kohdelimen hyvä tehostuminen voi lisäksi kompensoida kuvanlaatua. Varjoaineen optimointi tehdään *potilaan koon ja kuvausindikaation* mukaisesti. *Valtimoiden* tehostuminen on suhteessa jodin annostelunopeuteen ja injektion keston. Tehostuminen valtimoissa lisääntyy, jos ruiskutusnopeutta, varjoainekonsentraatiota tai injektion kestoa lisätään. Valtimoiden riittävään tehostumiseen tarvitaan yleensä vähintään 10 sek kestoisen varjoaineruiskutus. Yksilöllinen tehostuminen riippuu kääntäen verrannollisesti

potilaan sydämen funktiosta (cardiac output) siten, että huono cardiac output johtaa parempaan valtimoiden tehostumiseen. *Parenkyymielinten* tehostuminen määräytyy jodin kokonaismäärän ja potilaan painon (eli sentraalisen verivolyymin) mukaan. Varjoainemäärä olisi aina suhteutettava potilaan painoon tai BMI:in.

Kuvausvaiheet kannattaa ajoittaa bolustrackingin avulla, jolloin yksilöllisten erojen vaikutus saadaan minimoiduksi ja kuvaukset onnistuvat lähes aina. Testibolusta kannattaa käyttää, jos tarvitaan hyvin lyhyt diagnostinen viive tai varjoaine ruiskutetaan poikkeukselliseen paikkaan, esim. alaraajaan. Vakioviiveiden käyttö ei ole suositeltavaa suurien potilaskohtaisten erojen vuoksi.

Kuvausohjelmat kannattaa laatia aina kliinisen indikaation mukaisesti. Niissä voidaan vakioita indikaatiokohtaisesti kuvanlaadun taso, kuvausalueet, kuvausvaiheet ja esivalmistelu. Potilaskohtainen optimointi tehdään jännitteen, putkivirran (automaattinen modulaatio) ja varjoaineen annostelun avulla potilaan koon mukaisesti.

Kirjallisuutta

- Yu L, Bruesewitz M, Thomas K, ym. Optimal tube potential for radiation dose reduction in pediatric CT: Principles, clinical implementations, and pitfalls. *Radiographics* 2011; 31: 835–48.
- Lee K, Lee J, Moon S, ym. Attenuation-based automatic tube voltage selection and tube current modulation for dose reduction at contrast-enhanced liver CT. *Radiology* 2012; 265: 437–47.