

# Optimointi uusilla monileikelaitteilla

*Erikoistuva fyysikko Touko Kaasalainen, HUS-Röntgen*

---

## **Kasvaneet säteilyannokset ja tutkimusten optimoinnin periaatteet**

Tietokonetomografian (TT) osuus radiologista tutkimuksista kasvaa ja on tällä hetkellä noin 10 % kaikista röntgentutkimuksista keskussairaalatasolla. Tietokonetomografiatutkimusten kollektiivinen säteilyannos on nykyään helposti yli 50 % lääketieteellisen kuvantamisen aiheuttamasta annoksesta. TT:n suosio tehokkaana ja korkealaatuisena kuvausmenetelmänä on perusteltua, mutta suurten säteilyannosten vuoksi tutkimusten oikeutusarvioinnissa ja optimoinnissa tulisi olla erityisen huolellinen.

TT:ssä myös syvemmällä sijaitsevat elimet saavat pinta-annoksiin suhteutettuna huomattavia säteilyannoksia johtuen tietokonetomografian säteilykeilan potilaaseen tuottamasta annosjakaumasta, joka eroaa perinteisestä röntgenkuvauksesta. Potilaan saamaan säteilyannokseen voidaan vaikuttaa sopivien kuvausparametrien valinnalla, käyttämällä sädesuojia mahdollisuuksien mukaan, teknisin annossäästömenetelmin sekä toimimalla muutenkin säteilynkäytön kannalta eettisesti mm. kuvaamalla potilaasta vain tarpeellinen alue. Kuvauksessa käytettävä putkivirta (mA) sekä sähkömäärä (mAs) ovat suoraan verrannollisia säteilyannokseen, joten jos mA-arvo kaksinkertaistuu, niin tällöin myös annos kaksinkertaistuu. Jos diagnostisesti tarkasteltavan kuvan leikepaksuutta voidaan kaksinkertaistaa, niin tällöin annosta voidaan vähentää puoleen kuvan kohinamäärän muuttumatta. Putkivirran sekä rekonstruoitavan kuvan leikepaksuuden muuttaminen ovat siis säteilyannosten sekä kuvanlaadun optimoinnin kannalta keskeisiä parametreja. Tutkimusten optimoinnin lähtökohtana on oltava riittävä diagnostinen kuvanlaatu, jonka rajoissa säteilyaltistusta voidaan pienentää mahdollisuuksien mukaan.

## **Uuden tekniikan mahdollistamat annosoptimointimenetelmät**

TT-tutkimusten optimointiin on kehitetty erilaisia teknisiä ja käyttäjän valinnoista osittain riippumattomia menetelmiä. Näistä esimerkkinä ovat mm. mA-modulointi sekä adaptiiviset säteilykeilan kollimaattorit, joilla voidaan välttää helikaalikuvauksessa kuvanlaskennan kannalta

turhaa säteilytystä. Markkinoille on tullut myös ns. elinselektiivinen kuvausmenetelmä, jolla voidaan suojella säteilyherkkiä pintakudoksia ilman säteilysojainten käyttöä. Menetelmän avulla säteily voidaan kytkeä pois esimerkiksi thoraxin TT-tutkimusta tehtäessä rintojen etupuolelta, jolloin sädeherkän rintarauhasen saamaa elin kohtaista annosta voidaan pienentää merkittävästi. TT-tekniikan kehittyessä käyttöön on otettu myös iteratiiviseen rekonstruktioon perustuva menetelmä (ASIR, Adaptive Statistical Iterative Reconstruction), jonka avulla sädeannoksia voidaan pienentää merkittävästi kohinatason säilyessä samana. Menetelmällä voidaan niin ikään vähentää artefaktoja sekä parantaa matalakontrastiresoluutiota huomattavasti.

### **mA-moduloinnin oikealla käyttötavalla pienempiin annoksiin**

Moderneilla monileikelaitteilla automaattinen mA-modulaatio säätää putkivirtaa reaaliaikaisesti potilaan geometrian ja vaimennusominaisuuksien mukaan siten, että kuvanlaatu säilyy mahdollisimman stabiilina koko kuvattavalla alueella. Tällä tavoin säteilyannosta voidaan pienentää 10–60 % verrattuna kuvaukseen, joka suoritettaisiin käyttämällä kiinteätä putkivirtaa (Kalender et al. 2008). Moderneissa TT-laitteissa on kaikilla valmistajilla nykyään saatavilla 3D-modulaatiomenetelmä, joissa putkivirtaa säädetään sekä angulaarisesti rotaatiokulman vaihtuessa (xy-modulaatio) sekä potilaan z-akselin suuntaisesti (z-modulaatio). z-suunnan mA-arvot lasketaan scout-kuvan perusteella, kun taas xy-suunnan modulaatiossa on käytössä sekä scout-kuvaan perustuvia mA-arvojen laskentamenetelmiä sekä reaaliaikainen vaimennukseen perustuva putkivirran laskentamenetelmä. Säteilynkäytön optimoinnin kannalta mA-moduloinnin oikealla käyttötavalla sekä sen menetelmien toiminnan syvällisemmällä ymmärtämisellä saavutetaan ennakkoon valittu kuvanlaadun taso pienimmällä mahdollisella säteilyannoksella muiden kuvausparametrien säilyessä samoina.

### **kV:n alentamisella lisää kontrastia sekä pienempiä annoksia**

Kuvattaessa etenkin pienikokoisia potilaita TT:llä, saavutetaan matalampia putkijännitteitä käyttämällä huomattavia annossäästöjä. Kliinisisessä työssä varjoainekuvauksissa pienentämällä kV:ta saavutetaan paitsi annosten väheneminen niin myös kontrastin paraneminen. Toisaalta suuremmilla potilailla korkeampi kV lisää detektorin signaalia

annoksen kannalta edullisemmin kuin mAs-tason nostaminen, joten optimaalisen kV:n valinta on näin ollen tapauskohtainen ratkaisu. Tutkimuksissa esimerkiksi sepelvaltimoiden kalkkien määrittämisessä tulisi käyttää 120 kV:n sijaan potilaan koosta riippuen joko 80 tai 100 kV:ta, jolloin annokset putoavat jopa 57 % diagnostisen kuvanlaadun säilyessä diagnostisena (Thomas et al. 2006). Keuhkovaltimoiden TT-tutkimukset voidaan nykyään tehdä yleisesti normaalikokoisilla potilailla 100 kV:lla pienempien annosten sekä paremman kontrastin vuoksi.

### **TT-tekniikan kehitys auttaa perfluusiotutkimuksissa**

TT-perfluusiotutkimusten sädeannokset ovat varsin korkeita ja paikallinen annos lähestyy deterministisen säteilyvaikutuksen rajaa, jolloin efektiivisen annoksen arvioinnilla ei ole juuri merkitystä. Perfluusiotutkimusten annoksia voidaan kuitenkin vähentää pudottamalla mAs-arvoa tai käyttämällä kuvauksessa harvempaa näytteistystä. Pienentämällä aikaresoluutiota 0,5 sekunnista 3 sekuntiin, potilaan säteilyannos putoaa 83 % CBF:n (cerebral blood flow), CBV:n (cerebral blood volume) ja MTT:n (mean transit time) muuttumatta oleellisesti (Wiessmann et al. 2008). TT-laitetekniikan kehittymisen myötä perfluusiotutkimusten kattavuuksia on voitu kasvattaa ja nykyään angiokuvat voidaan rekonstruoida perfluusio kuvauksessa kerätystä datasta, jonka seurauksena yksi ylimääräinen kuvasarja voidaan jättää kuvaamatta. Toisaalta nykytekniikalla toteutettavassa dynaamisessa kuvauksessa potilaspöydän edestakaisella liikkeellä voidaan suorittaa kuvaus jopa 48 cm:n kuvausalueelle, mikä mahdollistaa vartalon alueen dynaamisen tutkimisen.

### **Prospektiivinen sydänkuvaus**

Uusimmissa monileikelaitteissa on mahdollisuus käyttää sydän- ja koronaaritutkimuksissa prospektiivisesti EKG-tahdistettua tekniikkaa. Yleisimmin käytetty prospektiivisen tahdistuksen tekniikka on ”step-and-shoot” -menetelmä. Kuvaus suoritetaan tällöin aksiaalina pöydän liikkueessa portaittain adaptiivisen EKG-triggauksen mukaan. Kuvarekonstruktiossa käytetään niin ikään kehittyneempiä algoritmeja. Tutkimusten mukaan prospektiivisellä tahdistuksella, jossa kuvataan siis vain etukäteen valitussa kohdassa sydämen sykliä, efektiiviset annossäästöt ovat olleet 77–87 % verrattuna retrospektiivisellä tahdistuksella suoritettuun kuvaukseen (Earls 2009). Toisaalta prospektiivisellä kuvauksel-

la on mahdollisuus vaihtoehtoisesti parantaa kuvanlaatua. Prospektiivisella kuvauksella on kuitenkin muutamia klinisiä rajoituksia; rajoitettu määrä rekonstruoituja sydämen syklin vaiheita sekä maksimisyke 68–75 lyöntiä/min. Kuitenkin sopivalla potilasvalinnalla ja tehokkaalla sydämen sykkeen kontrolloinnilla voidaan suurimmalla osalla sydänkuvaukseen tulevista potilaista käyttää prospektiivista tahdistusta saavuttaen merkittäviä annossäästöjä paremmalla kuvanlaadulla. Laitetekniikan kehittymisen myötä sekä kaksi- tai kolmiputkilaitteiden käyttöönotolla voidaan aikaresoluutiota parantaa ja kuvaus voidaan suorittaa korkeammilla sykkeillä, jolloin sykettä laskevien lääkeaineiden, kuten beetasalpaajien käyttöä voidaan vähentää.

## **Viitteet**

- Earls JP. How to use a prospective gated technique for cardiac CT. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2009 Jan–Feb;3(1):45–51.
- Kalender WA, Buchenau S, Deak P, Kellermeier M, Langner O, van Straten M, Vollmar S, Wilharm S. Technical approaches to the optimisation of CT. *Phys Med.* 2008 Jun;24(2):71–9.
- Thomas CK, Mühlenbruch G, Wildberger JE, Hohl C, Das M, Günter RW, Mahnken AH. Coronary artery calcium scoring with multislice computer tomography: in vitro assessment of a low tube voltage protocol. *Invest Radiol.* 2006 Sep;41(9):668–73.
- Wiessmann M, Berg S, Bohner G, Klingebiel R, Schöpf V, Stoeckelhuber BM, Yousry I, Linn J, Missler U. Dose reduction in dynamic perfusion CT of the brain: effects of the scan frequency on measurements of cerebral blood flow, cerebral blood volume, and mean transit time. *Eur. Radiol.* 2008 Dec;18(12):2967–74.