

Potilaan säteilyaltistuksen määrittämisen sietämätön tuska – miksi se on niin vaikeaa?

Johtava asiantuntija Antti Kosunen, STUK

Laboratorionjohtaja Teemu Siiskonen, STUK

Ihmiseen kohdistetulla ionisoivalla säteilyllä on tunnetusti haittavaikutuksia. Säteilyn lääketieteellisessä käytössä on toisaalta runsaasti sovelluksia, joissa asiallisesti toimitaessa potilaan diagnoosin tai hoidon kannalta tarpeellisesta altistuksesta aiheutuva haitta on niin pieni, että altistus katsotaan oikeutetuksi. Koska kyseessä on aina tasapainoilu hyödyn ja haitan välillä, on potilaan säteilyaltistus pystyttävä määrittämään haitan arvioimiseksi. Röntgenkuvantamisessa potilaan säteilyaltistus määritetään epäsuorasti mittaamalla potilaaseen kohdistuvan säteilykeilan ominaisuuksia, joko ilmassa tai (erityisesti TT-kuvantamisessa) potilasta jäljittelevässä ihmismallissa. Mittausten tuloksista päästään potilaan säteilyannokseen erilaisten matemaattisten keinojen avulla.

Radiologisessa röntgenkuvantamisessa potilasannoksia määritetään ensisijaisesti tutkimuskohtaisten vertailutasojen määritystä ja käyttöä sekä kuvauslaitteiden ominaisuuksien ja kuvausarvojen optimointia varten. Optimointitarkastelussa voidaan säteilyn aiheuttaman haitan riskiä arvioida potilaan elinannosten perusteella. Stokastisten haittavaikutusten lisäksi voidaan esim. pitkissä läpivalaisututkimuksissa joutua arvioimaan säteilyn aiheuttamien välittömien haittavaikutuksien mahdollisuutta iholla.

Radiologisessa röntgentutkimuksessa *potilaan annos* (elinannos, efektiivinen annos) voidaan määrittää, kun tunnetaan kuvauslaitteen tuottama *fysikaalinen (mitattava) annos*, säteilylaatu, kuvantamisgeometria sekä potilaan tai ihmismallin anatomia. *Efektiivinen annos* huomioi em. tekijöiden lisäksi myös säteilyn erilaiset biologiset tehokkuudet sekä kudosten ja elinten erilaiset säteilyherkkyudet. Efektiivinen annos on määritelty matemaattisissa nais- ja miesihmismalleissa, joiden elinannoksista lasketaan keskiarvo. Efektiivinen annos on mm. iästä ja sukupuolesta riippumaton suure. Potilaan annoksella voidaan kuitenkin joissain tapauksissa tarkoittaa myös yksittäisen potilaan efektiivistä annosta.

Potilasannos ei ole määritelty yksiselitteisesti ja sillä voidaan tarkoittaa tutkimuskohtaista fysikaalista annosta (DAP, CTDI, pinta-annos, kerma) tai potilaan annosta (elinannos, efektiivinen annos). Huomattavaa on, että fysikaalisen annoksen muutoksesta ei voida aina suoraan päätellä vastaavaa muutosta potilaan annoksessa ilman, että säteilyn kulkeutumista potilaassa tarkastellaan.

Fysikaalinen annoksen mitattava suure on pyritty määrittelemään ja valitsemaan niin, että sen perusteella pystytään toisaalta vertaamaan samantyyppisten tutkimusten annoksia laitteiden tai käytäntöjen välillä ja toisaalta määrittämään potilaan annos riittäväällä tarkkuudella. Tämän seurauksena näin määriteltyjä ja mitattuja annoksia eri kuvantamistekniikoiden välillä ei voi verrata suoraan toisiinsa (esimerkkinä suureet DAP ja CTDI). Myös mittayksiköt muuttuvat suureiden mukaan (mGycm² ja Gy). Kuvauslaitteiden annosnäyttöjen osalta lisähankaluutta aiheuttaa standardoinnin puute, jolloin eri laitevalmistajat voivat käyttää samantyyppiselle kuvauslaitteelle erilaisia säteilyn mittaussuureita ja myös mittayksiköt vaihtelevat. Kuvauslaitteiden on kyettävä ilmoittamaan fysikaalinen annos siten, että sen avulla potilaan annos voidaan määrittää.

Fysikaalisen annoksen määritelmässä ja suureen valinnoissa tulisi seurata kansainvälisiä suosituksia, jolloin annos voidaan määrittää riittävän luotettavasti ja myös mittausten ja näyttöjen kalibrointi tehdään luotettavasti. Mittausmenetelmän kehittäminen ja hyväksyntä kansainväliseen ohjeistoon voi kuitenkin viedä pitkän ajan ja vaatii kaikkien osapuolien (laitevalmistajat, kansainvälisten järjestöjen dosimetriaohjeisto ja säteilynkäyttäjät) yhteisen hyväksynnän.

Annoksen määrittämisen tarkkuusvaatimus riippuu siitä mihin tarkoitukseen annostietoa käytetään. Fysikaalista annosta käytetään tyypillisesti laitteen laadunvalvontaan, jolloin tarkkuusvaatimus perustuu kriteereihin, jonka perusteella laitteen voidaan todeta toimivan tarkoitettulla tavalla. Optimointitarkasteluja voidaan ainakin joissain tapauksissa tehdä, vaikka fysikaalisen annoksen absoluuttitaso ei olisikaan tarkkaan tiedossa. Fysikaalisen annoksen absoluuttitaso tulee kuitenkin olla tiedossa, kun mittaustuloksia verrataan vertailutasoihin tai tilanteissa, joissa tutkimuksesta aiheutuvaa riskiä täytyy arvioida esimerkiksi oikeutusarvioinnin pohjaksi. Annosvertailua varten tulee määrittää potilaan annos.

Kun fysikaalinen annos tunnetaan, voidaan elinannoksia määrittää esimerkiksi Monte Carlo laskennan avulla tai erityistapauksissa mitata anatomisten fantomien avulla. Käytettävissä on myös valmiiksi määritettyjä fysikaalisen annoksen ja elinannoksen välisiä muunnoskertoimia useimmille tavanomaisille tutkimuksille. Muunnoskertoimien tyypillinen hankaluus on niiden laskennassa käytetyt yleistyksiset. Esimerkiksi potilaan yksilökohtaisten anatomisten ominaisuuksien huomiointi ei ole mahdollista. Potilaan elinannokset voivat riippua voimakkaastikin säteilykeilan rajauksesta ko. elimen suhteen. Tästä syystä tarkkojen potilaskohtaisten annosarvioiden tekeminen on käytännössä mahdotonta. Myöskään yksilöllisen säteilyriskin arviointi ei ole mielekäästä riskimallien suurten epävarmuuksien ja yksilökohtaisen riskin varianssin vuoksi. Pelastuksena voidaan kuitenkin todeta, että lähes kaikkiin käytännön tarpeisiin riittää potilaan (efektiivisen) annoksen arviointi yleisten muunnoskertoimien pohjalta. Efektiivisen annoksen rajoitukset tulee kuitenkin pitää mielessä.

Vaikka potilasannoksia määritetään ensisijaisesti röntgentutkimuksen potilasturvallisuutta varten, annosten määrittämisen luotettavuudella on merkitystä myös väestöannoksen arvioinnin ja tutkimuksen kannalta. Määritettyjä potilaan annoksia on kyettävä vertaamaan myös muun säteilyn käytön ja luonnonsäteilyn säteilyn tuottamiin efektiivisiin annoksiin.

Kirjallisuutta

1. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). *Patient dosimetry for X rays used in Medical Imaging*, ICRU report 74, 2006.
2. *Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practise*, IAEA technical report series 457, 2007.
3. Martin C.J., *Effective dose: How should it be applied in medical exposures*, The British Journal of Radiology, Vol. 80, 2007.
4. Kosunen A., Komppa T., Toivonen M., *Evaluation of methods to estimate patient dose in interventional radiology*, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 113, 2005.