Potilasannokset röntgentutkimuksissa

26.11.2019

Suomessa tehdään joka vuosi noin 3,6 miljoonaa röntgentutkimusta. Sairaaloissa tyypillisesti tehtäviä röntgentutkimuksia ovatnatiiviröntgentutkimukset mukaan lukien mammografiatutkimukset, tietokonetomografiatutkimukset (TT-tutkimukset) sekä angiografiatutkimukset ja -toimenpiteet. Tavanomaisimpiinnatiiviröntgentutkimuksiin kuuluvat mm.rintakehän (thorax) röntgenkuvaus sekäeri nivelten ja luiden röntgenkuvaukset. Röntgentutkimuksista aiheutuu potilaalle säteilyannosta, muttatarvittavat säteilyannokset ovat vuosien myötäjatkuvasti pienentyneet erityisesti kehittyvän laitteistotekniikan ja kuvausmenetelmien optimoinnin myötä.Suomessa säteilyn käyttöä valvova viranomainen Säteilyturvakeskus (STUK) antaa eri röntgentutkimuksille potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot, joihin säteilyannoksia tulee verrata. Tässä julkaisussa on tarkasteltu muutamien tavanomaisten röntgentutkimusten potilasannostasoja Seinäjoen keskussairaalan radiologian toimintayksikön eri natiiviröntgenkuvauslaitteilla. Yleisenä havaintona todetaan, että säteilyannokset alittavat näissä tutkimuksissaselvästi STUKinvertailutasot ja lisäksi säteilyannokset alittavat myös uusimmalle röntgenkuvaustekniikalle annetutsaavutettavissa olevat annostasot.Lisäksi määritetyistä potilasannoksista lasketut efektiivisen annoksen arviot ovat myös merkittävästi alemmat kuin STUK selvityksen mukaiset tutkimusten keskimääräiset efektiiviset säteilyannokset.

Säteilyaltistus röntgentutkimuksissa

Lääketieteellisessä kuvantamisessa röntgensäteilyllä pyritään tuottamaan tutkimusindikaatioon nähden riittävä kuva mahdollisimman pienellä säteilyaltistuksella eli optimoimaan säteilyn käyttö. Säteilyn käyttö on Suomessa luvan varaista ja näin myös lääketieteellisen säteilyn käytölle(röntgenlaitteille) tulee olla turvallisuuslupa. Säteilyn käyttöä valvova viranomainen STUK on antanut 4.4.2019 määräyksen STUK S/4/2019 oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. Määräyksessä annetaan eri röntgentutkimuksille *potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot*, joilla tarkoitetaan etukäteen määriteltyä tutkimuksessa tai toimenpiteessä potilaalle aiheutuvaa säteilyaltistusta kuvaavaa arvoa, jota suurempi säteilyaltistuksen ei oleteta olevan normaalikokoiselle potilaalle hyvän käytännön mukaan tehdyssä tutkimuksessa tai toimenpiteessä.Toiminnanharjoittajan on verrattava keskimäärin potilaalle aiheutuvaa säteilyaltistusta kuvaavaa arvoa (potilasannosta) vähintään kerran kolmessa vuodessa vertailutasoon ja mikäli tutkimuskäytäntöä tai kuvausarvoja on muutettu niin, että säteilyannos olennaisesti muuttuu. Keskimääräinen potilasannos on määritettävä vähintään kymmenen normaalikokoisen potilaan otoksenmediaanina, joko mittaamalla tai laskennallisen arvion perusteella. Lisäksi STUKin määräyksessä on annettu uusinta röntgenkuvaustekniikkaa (eli ns. taulukuvailmaisintekniikkaa, josta yleisesti käytetään nimitystä suoradigitaalinen röntgenkuvaustekniikka) käyttäville röntgenlaitteille saavutettavissa olevia annoksia kuvaavat tasot.

Säteilyannosuureet

Ionisoivan säteilyn, kuten röntgensäteilyn, mittauksissa käytettävät yleiset annossuureet ovat *absorboitunut annos*, jonka yksikkö on gray (Gy). Se kuvaa aineeseen siirtyvä energiaa massayksikköä kohti (J/kg). Kun tämä suure kerrotaan säteilylajista riippuvalla laatukertoimella,saadaan *ekvivalenttiannos*. Röntgensäteilylle ja muulle fotonisäteilylle laatukerroin on 1. Ekvivalenttiannoksen yksikkö on sievert (Sv).Ekvivalenttiannos ottaa huomioon säteilylajin biologisen haittavaikutuksen todennäköisyyden. *Efektiivinen annos* (yksikkö Sv) saadaan edelleen ottaen huomioon kansainvälisen säteilysuojelujärjestön ICRPn eri elimien säteilyherkkyyttä kuvaavien painokertoimien avulla. Käytännössä lääketieteellisessä röntgenkuvauksessa absorboituneet annokset ovat mGy tai µGy suuruusluokkaa ja efektiiviset annokset mSv tai µSv suuruusluokkaa. Röntgentutkimusten potilasannoksia tarkasteltaessa käytetään suuretta *ilmakerma pinnalla* (ESAK) so. ilmakerma potilaan ihon pinnalla. Sille käytetään myös nimeä *pinta-annos* (ESD), jonka yksikkö on grey (Gy). *Ilmakerman ja säteilykeilan poikkileikkauksen pinta-alan tulo* on KAP, jolle käytetään myös nimitystä DAP (dose-area-product). Näiden suureiden yksikkö on Gycm2. Natiiviröntgenlaitteissa on DAP-annosmittari tai laskennallisesti toteutettu DAP-annosnäyttö. Röntgentutkimuksessa tallentuu jokaisen kuvausprojektin DAP-annos ns. DICOM-kuvatietoon.

DAP-arvojen ja efektiivisen annoksen määrittäminen

Tässä selvityksessä aineistona on käytetty Seinäjoen keskussairaalan radiologian toimintayksikköneri natiiviröntgenlaitteilla tehtyjä potilastutkimusten vertailutasovertailuja. STUK vertailutasovertailun mukaisesti jokaisessa annosmäärityksessä otettiin laskentaan vähintään 10 potilaan tutkimukset, joiden massa on välillä 55 – 85 kg. Röntgenyksikön DAP-arvot laskettiin kullekin röntgenlaitteelle tehtyjen potilaskuvausten DAP-arvojen keskiarvona.Kullekin röntgentutkimustyypille laskettiin näistä keskiarvona röntgentutkimuksen /kuvausprojektion DAP-arvo. Röntgenkuvausprojektioita, joita tässä selvityksessä tarkastellaan ja verrataan annettuun STUK-vertailutasoon, ovat mm. rintakehän (thorax) röntgenkuvaus posterio-anterior-projektiossa (PA) ja lateraaliprojektioissa (LAT), *lannerangan röntgenkuvaus* PA-, anterior-posterior (AP)- ja LAT-projektioissa, nenän sivuonteloiden ns. kuutamoprojektio sekä*hampaiston ja leuan panoraamatomografia*. PA-projektiossa röntgensäteily suunnataan potilaaseen selän puolelta, AP-projektiossa vatsanpuolelta ja LAT-projektiossa sivulta.STUK-vertailutasot ja saavutettavissa olevat annostasot sekä näiden vertailu Seinäjoen keskussairaalan radiologian toimintayksikössä eri laitteilta määritettyjen annosten keskiarvoihin ovat taulukossa 1. **TAULUKKO 1.** Röntgentutkimusten STUK vertailutasoja annoksen ja pinta-alan tulona (DAP) (sarake A). Uusinta röntgenkuvaustekniikkaa käyttäville röntgenlaitteille saavutettavissa olevat DAP-annokset(sarake B). Seinäjoen keskussairaalan radiologian toimintayksikössä eri laitteilta määritettyjä DAP-annoksia (sarake C). DAP-annokset ovat yksikössä Gy cm2.

Röntgenkuvaus	A: vertailutaso DAP	B: saavutettavissa oleva DAP	C: määritetyt annokset eri laitteilta, keskiarvo

Thorax PA	0,1	0,07	0,034 (7 laitetta, suurin 0,048, pienin 0,030)
Thorax LAT	0,2	0,14	0,11 (7 laitetta, suurin 0,15, pienin 0,015)
Lanneranka AP tai PA	1	0,7	0,45 (7 laitetta, suurin 0,70, pienin 0,063)
Lanneranka LAT	2,1	1,5	0,96 (7 laitetta, suurin 1,28, pienin 0,63)
Sinus-kuutamo	0,09	ei annettu	0,06 (7 laitetta, suurin 0,080, pienin 0,034)
Panoraamatomografia aikuiset	0,12	ei annettu	0,064 (3 laitetta, suurin 0,067, pienin 0,061)
Panoraamatomografia lapset 10-16v	0,075	0,055	0,044 (3 laitetta, suurin 0,051, pienin 0,039)
Panoraamatomografia lapset 5-9v	0,055	0,045	0,037 (3 laitetta, suurin 0,039, pienin 0,038)

Tutkimustyyppikohtaisista DAP-arvoista laskettiin edelleen efektiivinen annos käyttäen joko *konversiokerrointa* tai STUKssa kehitettyä *PCXMC–ohjelmistoa*, joka käyttää Monte Carlo –laskentaa röntgentutkimuksista potilaalle aiheutuneiden efektiivisten säteilyannosten arvioimiseksi. DAP-annosten konversiokertoimia (yksikkö mSv/Gy cm2), joilla voidaan muuntaa röntgentutkimuksen DAP-arvo efektiiviseksi annokseksi (mSv) suoraan kertomalla saadaan tutkimuskirjallisuudesta. Konversiokertoimien taustalla on yleensä jokin ao. röntgenkuvantamistyyppiä koskeva laaja tutkimus. Konversiokerronta käyttäen saadaan pätevä arvio efektiivisestä annoksesta. PCXMC-ohjelmisto on lääketieteellisistä röntgentutkimuksista potilaille tulevien elinkohtaisen annosten ja efektiivisen annoksen laskentaan tarkoitettu Monte Carlo -simulointiohjelma. Ohjelmaan on otettu ICRPn nykyisen määritelmän mukaiseen efektiivisen annoksen laskentaan sisällytettävät elimet ja kudokset, joita laskennassa edustavat painotuskertoimet. Anatomisen datan perustana on eri-ikäisiä ihmisiä edustava matemaattinen ihmismalli eli matemaattinen fantomi. Fantomien kokoa voidaan säätää, jolloin ne saadaan vastaamaan mahdollisimman hyvin eripituisia ja

painoisia potilaita. PCXMC sallii kuvausprojektioiden ja muiden kuvausparametrien muuttelun tilannetta vastaavaksi. Ohjelmisto laskee kaikkien elinten annokset suhteessa säteilykeilassa potilaan ihon kohdalla mitattuun ilmakermaan, joka voidaan laskea syöttämällä ohjelmaan DAP-arvo. Mikäli säteilymittauksia ei olisi käytettävissä, ohjelmasta saataisiin arvio ilmakermalle myös röntgenputken virran ja kuvausajan tulosta (mAs-arvo). Laskennassa generoidaan suuri määrä yksittäisten fotonien kudosvuorovaikutushistorioita, joista saadaan arvio eri elimiin absorboituneiden energioiden odotusarvoille ja edelleen elinten efektiivisille annoksille.

Röntgentutkimuksen efektiiviset annokset

Oheisessa taulukossa 2 on laskettuja efektiivisiä potilasannoksia tätä selvitystä koskevissa röntgentutkimuksissa. Seinäjoen keskussairaalan radiologian toimintayksikössä eri laitteilta määritettyjen DAP-annosten keskiarvosta on laskettu konversiokertoimella tai PCXMC-simuloinnilla efektiiviset annokset eri tutkimusprojektioille (sarakkeet 1 ja 2).Taulukossa sarakkeessa 3 näkyy STUKn selvityksen mukaiset keskimääräiset suomalaisten säteilyaltistuksen keskimääräiset annostasot eri tutkimuksissa. **TAULUKKO 2.** Röntgentutkimusten potilasannoksia (yksikkö µSv)

	1	2	3
RÖNTGENTUTKIMUS	Effannos	Effannos	Effannos
THORAX PA	5,1	10,1	30
THORAX LAT	NA	22,5	NA
LANNERANKA PA	40,8	72,1	800
LANNERANKA LAT	NA	82,7	NA
SINUS-KUUTAMO	NA	NA	30
PANORAAMA, AIKUISET	5,1	NA	20
PANORAAMA, LAPSET 10 – 16 v	3,5	NA	NA
PANORAAMA, LAPSET 5 – 9 v	3,5	NA	NA
NA = lukuarvoa ei saatavissa			

Johtopäätökset

Tässä selvityksessä tarkastelluissa röntgenkuvausprojektioissa potilasannokset jäävät selvästi alle STUKin määräyksen mukaisten vertailutasojen. Lisäksi määritetyistä potilasannoksista lasketut efektiivisen annoksen arviot ovat myös merkittävästi alemmat kuin STUK selvityksen mukaiset tutkimustenkeskimääräiset efektiiviset säteilyannokset.

Kirjallisuusviitteet
Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. Määräys STUK S/4/2019. 27 s. Tapiovaara, M & Siiskonen, T. PCXMC. A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical X-ray examinations (2nd ed.). Säteilyturvakeskus STUK-A231. November 2008. 49 p. Pukkila, O. (toim.) Säteilyn käyttö. Säteily- ja ydinturvallisuus 3.
Säteilyturvakeskus. https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia

Kirjoittajat

SeAMKin lehtori Jouni Björkman toimi toukokuussa 2019 työelämäjaksollaan Seinäjoen keskussairaalassa radiologian toimintayksikössä projektifyysikkona. Jyrki Ruohonen on ylifyysikko Seinäjoen keskussairaalan radiologian toimintayksikössä.