

Säteilyannokseen vaikuttavat asiat - perusasioita

Sairaalfyysikko, TkT, Timo Mäkelä, OYS, Sisätautien tulosyksikkö, Kardiologia
Sairaalfyysikko, FL, Jani Katisko, OYS, Leikkaus ja tehohoidon ty., Neurologia

Toimenpideradiologiassa toimenpidettä suorittavat lääkärit, hoitajat ja mahdolliset muut toimenpiteeseen tai kuvaukseen osallistuvat henkilöt joutuvat usein olemaan kuvauslaitteen välittömässä läheisyydessä kuvauksen aikana. Säteilytyöhön kuuluvista henkilöstöryhmistä suurimmat vuotuiset säteilyannokset saavatkin paljon läpivalaisutoimenpiteitä suorittavat toimenpideradiologit, kardiologit sekä kirurgit [1]. Suomen kaikkien annostarkkailussa olleiden toimenpideradiologien annosten keskiarvo (mitattu säteilymittareilla) vuonna 2007 oli 7,9 mSv (suurin vuosiannos 27,3 mSv), kardiologien 3,2 mSv (suurin vuosiannos 19,3 mSv) ja kirurgien 0,3 mSv (suurin vuosiannos 20,1 mSv). Mikäli henkilökohtaisia sädesuojaimia (kilpirauhassuojat, lyijyliivit, lyijyessut) ei käytettäisi, niin toimenpideradiologien keskimääräinen sädeannos vastaisi noin kaksinkertaisesti suomalaisten keskimääräistä vuotuista sädeannosta (mm. taustasäteily, sisäilman radon ym.). Koska käytännössä henkilökohtaisia sädesuojaimia käytetään, saadaan säteilyn biologinen vaikutus pienennettyä vähintään kymmenesosaan annosmittarin lukemaan verrattuna eli esimerkiksi toimenpideradiologien keskimääräinen ns. efektiivinen annos on enintään n. 0,8 mSv (vastaa noin kahdeksaa keuhkojen röntgenkuvaa). On kuitenkin mahdollista, että toimenpideradiologi saa viidessä - kymmenessä vuodessa noin yhden vuoden taustasäteilyä vastaavan ylimäärän säteilyä työssään.

Läpivalaisututkimuksia tehdään, kun tutkimuksessa tarvitaan reaaliaikaista kuvaa liikkuvasta kohteesta. Tutkimuksen aikana otetut röntgenkuvat ovat kuitenkin myös oleellinen osa näitä tutkimuksia. Toimenpideradiologiassa, kardiologiassa ja kirurgiassa on perinteisesti käytetty läpivalaisukuvauksiin C-kaaria, joiden kuvaussuunta voidaan helposti kääntää halutuksi. Ruoansulatuskanavan tutkimuksissa käytetään usein ns. yleistutkimustelinetä, jossa röntgenputki sijaitsee kiinteästi tutkimuspöydän alla tai yläpuolella, ja potilasta voidaan mm. siirtää ja kallistaa tutkimuksen aikana. Viime vuosina on toimenpideradiologiaan tullut yhdeksi vaihtoehdoksi myös tietokonetomografiakuvaus. Edellä mainituissa tutkimuksissa on kaikissa käytössä röntgenputki ja näin ollen sädeannokseen vaikuttavat perussuureet ovat samat – putkijännite (kuvausjännite) ja putkivirta (aikayksikköä kohden) [2]. Röntgenputken anodin ja katodin väliin kytketään suurjännite (putkijännite), sähkökenttä vetää anodilta irtoavat elektronit anodille (röntgenputken kohtiolle), johon ne törmäävät putkijännitteen suuruudesta riippuen (mm. läpivalaisututkimuksissa n. 50 – 110 kV) noin 0,3 – 0,6 kertaisella valonnopeudella. Putkessa kiihdytettyjen elektronien määrää aikayksikköä kohden kuvataan röntgenputken läpi kulkevalla sähkövirralla, anodi- eli putkivirralla. Anodiin törmätessään elektronit menettävät liike-energiansa ja syntyy röntgensäteilyä (muutama prosentti) ja lämpöenergiaa. Röntgenputken vaipassa on anodin kohdalla säteilyikkuna, jonka kautta saadaan röntgensäteilyn hyötykeila. Säteilyikkunan eteen on asetettu primaarisäteilyn suodatin, joka absorboi röntgensäteilyä pehmeimmän osan (suodatuksen tulee yleensä vastata 2,5 mm alumiinia). Mikäli käytetään voimakkaampaa suodatusta, voidaan potilaan säteilyannosta usein pienentää. Suodattimen lisäksi röntgenputken edessä ovat kaihtimet, joiden avulla säteilykeilan kokoa voidaan säätää. Kaihdinkoteloon sisään rakennetuilla lampuilla ja peileillä saadaan säteilykentän rajauksen ja sijainnin kertova valokeila. Läpivalaisukuva saadaan nykyään aikaiseksi kuvanvahvistimen ja videokameran tai

digitaalisen kuvareseptorin, ns. taulukuvadetektorin, avulla ja kuvaa tarkastellaan monitorilta. Läpivalaisun aikana annosnopeusautomaatti säättää röntgenputken jännitettä ja virtaa (kV ja mA) siten, että monitorilla näkyvä kuva säilyisi kirkkaukeltaan mahdollisimman vakiona kohteen paksuudesta riippumatta (annosnopeusautomaatti). Useissa laitteissa voidaan nykyisin käyttää pulssaavaa läpivalaisua, jolloin säteily annetaan lyhyinä pulsseina, esimerkiksi 1 – 25 pulssia sekunnissa. Pulssatun läpivalaisun käyttö pienentää potilaan ja myös henkilökunnan säteilyaltistusta. Laitteiston käyttämän pulssin muoto ja kesto ovat tekijöitä, jotka myös vaikuttavat merkittävästi sädeannokseen, ja jotka tulisi huomioida erityisesti annosoptimoinnissa. Viimeinen läpivalaisukuva jätetään monitorille useimmiten näkyviin, vaikka säteily olisi katkaistu.

Angiografiakuvauksissa, verisuonten tutkimuksissa, käytettävä laitteisto on nykyään useimmiten C-kaarityyppinen. Laitteisto voi olla ns. yhdensuunnan järjestelmä tai kahdensuunnan laitteisto, jossa on kaksi röntgenputkea (vaakasuuntainen ns. lateraaliputki ja pystysuuntainen ns. frontaaliputki). Uusimmissa järjestelmissä on käytössä pääsääntöisesti taulukuvadetektoreita kuvanvahvistimien sijasta. Tutkimus tehdään läpivalaisuohjauksessa ja tarvittaessa tutkimukseen liittyen voidaan ottaa röntgenkuvasarjoja. Angiografiatutkimuksissa käytetään yleensä varjoainetta, jotta haluttu kohde, kuten verisuoni, saataisiin paremmin erottumaan kuvassa.

Angiografiakuvauksissa potilaan saamaa säteilyannosta kuvataan useimmiten läpivalaisuaajalla sekä annoksen ja pinta-alan tulolla eli DAP-arvolla. Vielä toistaiseksi ei ole julkaistu säteilyannosten vertailutasoja toimenpideradiologisille eikä kirurgisille tutkimuksille. Kardiologisille tutkimuksille (sydämen varjoainekuvaukset ja pallolaajennushoidot) vertailutasot julkaistiin vuonna 2005 [2]. Sepelvaltimoiden röntgen tutkimuksille (koronaarioangiografia) on annettu DAP-vertailutaso $60 \text{ Gy} * \text{cm}^2$ (läpivalaisuaika 8 minuuttia) ja pallolaajennuksille $100 \text{ Gy} * \text{cm}^2$ (läpivalaisuaika 20 minuuttia). Vertailutasojen avulla on mm. mahdollista havaita toiminnot ja röntgenlaitteet, joista aiheutuu tavanomaista suurempia säteilyaltistuksia.

Tietokonetomografialaitteissa (TT) potilas asetetaan tutkimuspöydälle ja ajetaan kuvauslaitteen TT-laitteen gantryssä olevaan aukkoon. Tutkimuspöytä liikkuu kuvauksen aikana kun potilaan pituussuuntaan nähden poikittainen taso, ns. leiketaso, kuvataan aina kerralla röntgenputken ja detektorin pyöriessä potilaan ympäri. Leiketasojen avulla saadaan rekonstruoitua tarvittaessa 3D-kuva. Tyypillisesti TT-kuvaushuoneessa ei ole kuvauksen aikana potilaan lisäksi muita henkilöitä. Toimenpideradiologisissa TT-kuvauksissa, kuten biopsian otossa, voi toimenpidehuoneessa joutua potilaan lisäksi toimimaan henkilökuntaa. TT-kuvauslaitetta käytetään usein ns. läpivalaisukuvausmoodissa. Potilaasta sironnut säteily voi aiheuttaa henkilökunnalle säderasitusta ja potilasannokset minimoimalla voidaan myös henkilökunnan sädeannokset minimoida. TT:n annosindeksi CTDI ja annoksen ja pituuden tulo DLP ovat hyviä työkaluja TT-kuvauksen annosoptimoinnissa. Lisäksi mm. uusien TT-kuvauslaitteiden virransäästöalgoritmit mahdollistavat entistä pienemmät potilasannokset.

Läpivalaisututkimuksissa ja toimenpideradiologiassa käytettävät lyijyliivit, lyijyessut sekä kilpirauhassuojat päästävät läpivalaisututkimuksessa käytettävästä säteilystä (yleensä ns. sironnutta säteilyä) läpi noin 1 – 5 % riippuen mm. käytetystä kilovoltti (kV) –arvosta (yleensä läpivalaisulaitteilla 50 – 110 kV). Säteilyn läpäisy on pienempää alhaisen kV:n säteilylle (”pehmeämpi säteily”) kuin korkean kV:n säteilylle (”kova säteily”). Henkilökohtaisten ja rakenteellisten (pleksit, potilaspöydässä kiinteästi olevat alasuojat ym.) säteilysuojainten käyttö läpivalaisututkimuksessa on tärkeä osa sekä potilaan että henkilökunnan säteilysuojelua. Kaikkien niiden henkilöiden jotka voivat poistua huoneesta kuvausten aikana tulisi näin tehdä tai ainakin sijoittua mahdollisimman hyvien suojien taakse. Tulee muistaa, että etäisyys on paras suoja. Usein jo yhden askeleen taaksepäin ottaminen toimenpidehuoneessa voi puolittaa saadun sädeannoksen. Läpivalaisutyössä onkin tärkeää kriittisesti tarkastella omaa toimintaa ja sijoittumista toimenpidesalissa. Myös kuvaukseen liittyvät tekijät, kuten kuvien rajaus, käytettävä projektiot ja niiden määrä, kuvausprotokollat ja niiden optimointi ja laitteen yleinen kunto (säteilymittaukset, laitteen tekniikka ym.) vaikuttavat merkittävästi niin potilaan kuin henkilökunnankin sädeannokseen. Muistaa tulee myös, että koulutettu, kokenut ja motivoitunut henkilökunta on yksi tärkeimmistä tekijöistä kohti turvallista säteilytyötä. Potilaiden säteilysuojelun suhteen mm. potilassuojainten käyttö tulee tarkastella toimenpidekohtaisesti (sukurauhaset, rintarauhaset, kilpirauhanen ym.) [4]. Potilaan säteilysuojelussa on muistettava, että toimenpideradiologiset tutkimukset voivat aiheuttaa potilaalle ns. deterministisiä säteilyvaurioita, kuten ihon punoitusta ja vakavampiakin ihovammoja. Näitä suuria läpivalaisuannoksia ja –aikoja varten olisi eri yksikössä hyvä laatia ohjeistus mm. niiden potilaskertomukseen merkitsemisestä.

Kirjallisuutta

[1] Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan vuosiraportti 2007, Säteilyturvakeskus, 2008.

[2] Säteilyn käyttö, toim. Olavi Pukkila, STUK 2004.

[3] Potilaiden säteilyaltistuksen vertailutasot kardiologisessa radiologiassa, Säteilyturvakeskus, 28.12.2005

[4] STUK:n ohjeistus potilassuojainten käytölle, Säteilyturvakeskus, <http://www.stuk.fi/julkaisut/potilassuojaimet.html>.