

# SÄTEILYTURVALLISUUS JA LAATU RÖNTGENDIAGNOSTIIKASSA 2004

Hannu Järvinen (toim.)

STUKin raporttisarjoissa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 951-712-819-3 (nid.)  
ISBN 951-712-820-7 (pdf)  
ISSN 1458-8277

Dark Oy, Vantaa 2004

Myynti:  
Säteilyturvakeskus  
PL 14 00881 HELSINKI  
Puh. (09) 759 881

*JÄRVINEN Hannu (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2004. STUK-C3. Helsinki 2004. 93 s.*

Avainsanat säteilyturvallisuus, röntgendiagnostiikka, laadunvarmistus, laadunvalvonta, potilaan säteilyaltistus, digitaalinen kuvantaminen, mammografia, kliininen auditointi, lähetekäytännöt

## Johdanto

Säteilyn lääketieteellisestä käytöstä annetun Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (423/2000) ja Säteilyturvakeskuksen (STUK) julkaisemien ST-ohjeiden toimeenpanossa monet ”hyvät käytännöt” ovat yhä muotoutumassa, ja viranomaisen ja säteilyn käyttäjien väliseen vuoropuheluun on jatkuvaa tarvetta. STUKin järjestämässä seminaarissa, jonka luentolyhennelmät on koottu tähän julkaisuun, käsitellään muutamia potilaan säteilyturvallisuuden ja röntgendiagnostiikan laadun kannalta keskeisiä vaatimuksia ja toimenpiteitä.

STM:n asetuksessa säädetään vaatimukset potilaan säteilyaltistuksen seurannasta ja tulosten vertailusta vertailutasoihin. Näitä toimenpiteitä koskeva säteilyn käyttäjille tarkoitettu opas (STUK tiedottaa 1/2004) on juuri julkaistu. Kuten siitäkin ilmenee, säteilyaltistuksen seuranta tulee yksinkertaistumaan sitä mukaa, kun röntgenlaitteistot uusiutuvat ja varustetaan potilaan säteilyaltistusta osoittavalla näytöllä. Potilaan säteilyaltistus joudutaan kuitenkin vielä usein määrittämään muulla tavoin. Seminaarissa tarkastellaan tarvittavien peruskäsitteiden ohella muutamaa yleisintä menetelmää.

Siirtyminen digitaalisiin kuvareseptoreihin ja digitaaliseen kuvankäsittelyyn on voimakkaasti etenevä ajan trendi, joka tuo mukanaan uusia haasteita potilaan säteilyturvallisuuden kehittämiseksi. Digitaalisessa kuvantamisessa dynaaminen toiminta-alue potilaan säteilyaltistuksen suhteen on huomattavan suuri eikä säteilyannosta rajoita perinteisessä filmi-vahvistuslevy-kuvauksessa tuttu filmin ylivalottuminen. Käyttäjiltä edellytetään siten uudenlaista ymmärtämystä annoksen ja kuvanlaadun optimoinnissa samoin kuin menetelmien laadunvalvonnassa. Seminaarissa luodaan katsaus digitaalitekniikan nykytilanteeseen sekä optimoinnin ja laadunvarmistuksen periaatteisiin.

Mammografiakvausten laatua Suomessa koskevan STUKin tekemän tutkimuksen tulokset julkaistiin vuoden 2004 alussa, ja tutkimus paljasti huomattavia puutteita sekä kliinisen mammografian että seulontamammografian laadussa. Puutteista suurin osa liittyi filmin kehitykseen ja laitteiden valotus-

automaattien toimintaan. Puutteet on tutkimuksen myötä korjattu, mutta hyvän laadun varmistamiseksi jatkossa korostetaan toiminnan harjoittajien suorittaman laadunvarmistuksen merkitystä. Seminaarissa esitelläänkin STUKin tutkimuksessa tehtyjen havaintojen lisäksi esimerkki siitä, miten kuvausyksikkö voi toteuttaa laadunvarmistusta.

Toiminnan harjoittajilta vaadittavassa kirjallisessa laadunvarmistusohjelmassa on STM:n asetuksen mukaan esitettävä radiologisten laitteiden toimintakunnon ja suoritusominaisuuksien valvontaan kuuluvat päätehtävät. Toiminnan harjoittajien itse järjestämän laadunvalvonnan ohella käsitellään myös laitetoimittajien tarjoamaa teknistä laadunvalvontaa. Erityisaiheena käsitellään filmin kehitysprosessin laadunvarmistusta, jonka merkitys korostui em. mammografiatutkimuksen tulosten perusteella.

Röntgendiagnostiikan laadun arvioinnissa keskeisiksi asioiksi nousevat toiminnanharjoittajan suorittamat itsearvioinnit ja niitä täydentävät, ulkopuolisten arvioijien tekemät kliiniset auditoinnit. Kliinisten auditointien toimeenpanoa käsiteltiin Tampereella toukokuussa 2003 pidetyssä kansainvälisessä symposiumissa. Symposium osoitti tilanteen EU:n jäsenmaissa olevan sekava, samalla kun Suomessa syntynyt toimintamalli sai osakseen sekä kiinnostusta että kunnioitusta. Onkin hyödyllistä vertailla, miten Suomen malli vastaa symposiumissa esitettyjä ajatuksia ja tilannetta muissa EU:n jäsenmaissa. STM:n asetuksessa säädetyn tavoitteen mukaisesti kaikki terveydenhuollon säteilyä käyttävät toimintayksiköt tulisi olla kertaalleen auditoitu vuoden 2005 toukokuuhun mennessä.

Seminaarin muina aiheina käsitellään mm. lähetekäytäntöjä ja niihin liittyviä EU:n suosituksia sekä säteilysuojelun koulutusvaatimusten toimeenpanoa. Radiologiseen tutkimukseen tai toimenpiteeseen annettavalla läheteellä on tärkeä merkitys säteilysuojelun oikeutus- ja optimointiperiaatteiden toteuttamisessa. Lähettävien lääkärien samoin kuin kaiken muun säteilyä käyttävän terveydenhuollon henkilöstön säteilysuojelukoulutus on yksi tärkeimpiä säteilyturvallisuuteen vaikuttavia osatekijöitä. STM:n asetuksessa ja STUKin ohjeessa (ST 1.7) esitettyjen koulutusvaatimusten toimeenpano on yhä suuri haaste sekä toiminnan harjoittajille että koulutusta tarjoaville organisaatioille.

Säännöstöön ja ohjeisiin liittyen erityistä huomiota kiinnitetään henkilöstön pätevyyteen ja tarvittavaan asiantuntemukseen. Mm. säteilyaltistuksen optimoinnissa tulee käyttää lääketieteellisen fysiikan asiantuntijaa STM:n asetuksen mukaisesti. Samassa asetuksessa säädetään, että röntgenhoitaja voi tehdä itsenäisesti lähetteen mukaisen röntgenkuvauksen. Muu terveydenhuollon ammattihenkilö voi toimenpidevastuussa olevan lääkärin valvonnassa avustaa sellaisen röntgenlaitteen käytössä, jonka käyttöön hänet on asianmukaisesti koulutettu. Siirtymäaikaa tähän käytäntöön on vuoden 2004 loppuun.

# Sisällysluettelo

<b>Johdanto</b>	<b>3</b>
<b>Kainuun sairaanhoitopiirin röntgentoiminnan esittely</b> <b>Jukka Lehtovirta</b>	<b>7</b>
POTILAAN SÄTEILYALTISTUKSEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENTUTKIMUKSISSA	
<b>Käsitteet</b>	<b>11</b>
<b>Tuomo Komppa</b>	
<b>Laskenta röntgenputken säteilyntuotosta</b>	<b>18</b>
<b>Jouni Salminen</b>	
<b>DAP-mittauksiin perustuva määrittäminen</b>	<b>22</b>
<b>Reijo Kaakinen</b>	
DIGITAALINEN KUVANTAMINEN	
<b>Tekniset vaihtoehdot ja kuvansiirtotekniikat</b>	<b>28</b>
<b>Juha Aalto</b>	
<b>Potilaan säteilyaltistuksen optimointi</b>	<b>32</b>
<b>Markku Tapiovaara</b>	
<b>Laadunvarmistusmenetelmät</b>	<b>37</b>
<b>Kauno Kuusela</b>	
MAMMOGRAFIAKUVAUSTEN LAADUNVARMISTUS	
<b>Mammografialaitteiden toiminta ja kuvanlaatu Suomessa</b>	<b>41</b>
<b>Asko Miettinen</b>	
<b>Rintatutkimuskeskuksen toteuttama laadunvalvonta</b>	<b>44</b>
<b>Eija Järvinen, Irma Saarenmaa</b>	

## RÖNTGENLAITTEIDEN LAADUNVALVONNAN JÄRJESTÄMINEN

**Toiminnan harjoittajan järjestämä laadunvalvonta** 50  
**Heli Lepikonmäki**

**Tekninen laadunvalvonta** 59  
**Pertti Pusa**

## KLIININEN AUDITOINTI

**Auditointien toimeenpano Suomessa ja**  
**EU:n jäsenmaissa – mitä yhteistä?** 63  
**Hannu Järvinen**

**Auditointiin valmistautuminen** 69  
**Eila Lantto**

**Auditointiin valmistautuminen** 75  
**Liisa Vainikainen**

**Kliininen auditointi sairaanhoitopiirissä** 76  
**Annikka Nikkola-Sihto**

## MUUTA AJANKOHTAISTA

**Lähetekäytännöt ja EU:n suositukset** 81  
**Eila Lantto**

**Koulutusvaatimusten toimeenpano** 86  
**Juhani Karppinen**

**Uudet säädökset ja oppaat** 89  
**Markku Pirinen**

**DAP-mittareiden kalibrointi: menetelmät ja ohjeet** 92  
**Tuomo Komppa, Paula Pöyry**

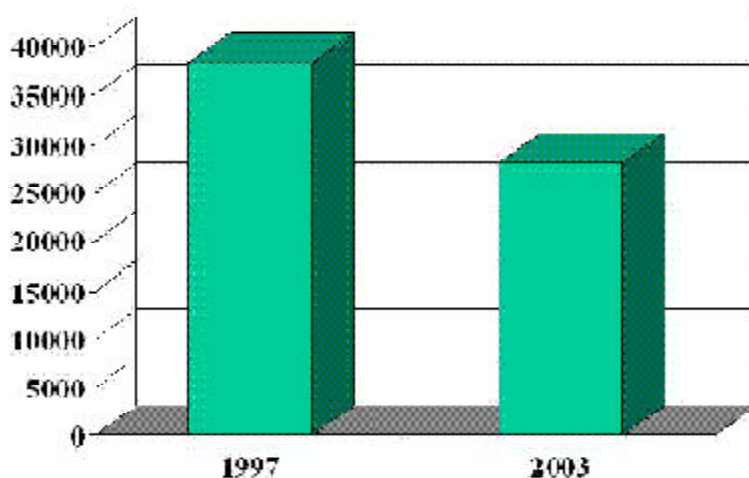
# Kainuun sairaanhoitopiirin röntgentoiminnan esittely

Jukka Lehtovirta  
Kainuun keskussairaala

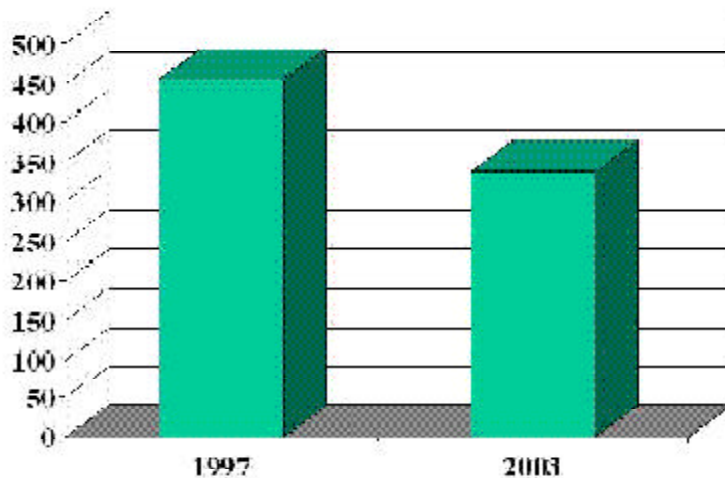
Kainuu kattaisi eteläisessä Suomessa sijaitessaan alueen kolmiossa Helsinki–Tampere–Turku. Asukkaat eivät kuitenkaan riitä täyttämään edes yhtä suurempaa kaupunkia. Asukasluku on laskemassa ja väestö vanhenemassa. Tällä hetkellä asukkaita on noin 85 000.

Kainuussa on kahdeksan kuntaa ja terveyskeskusta. Vielä muutama vuosi sitten jokaisessa terveyskeskuksessa oli oma röntgen. Nyt yksi terveyskeskus on lopettanut oman röntgeninsä. Tämän kunnan asukkaille tehdään vuodessa terveyskeskuksen kautta naapurikunnan röntgenissä alle 300 röntgentutkimusta. Vielä jäljellä olevistakin moni röntgen on pieni, neljässä tutkimusmäärä jää alle 2000:n vuodessa.

Kainuuta on pidetty malliesimerkkinä alueesta, joissa röntgentutkimuksia tehdään paljon. Terveyskeskusten tutkimusmäärä on muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kuitenkin laskenut vuoden 1997 jälkeen – kokonaismäärässä lasku on ollut jopa 26 %. Vaikka alueen asukasmääräkin on laskenut ja väestön keski-ikä noussut, on vähentymistä tapahtunut myös laskettaessa tehdyt tutkimukset tuhatta asukasta kohti.



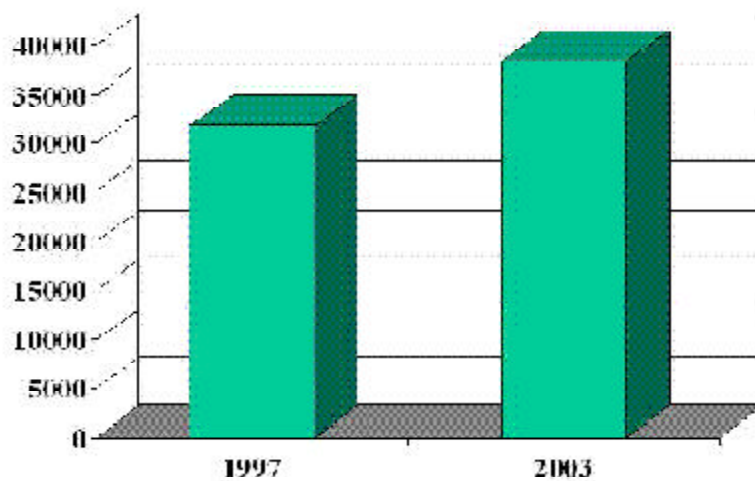
Kuva1. Kainuun terveyskeskuksissa tehdyt tutkimukset 1997 ja 2003.



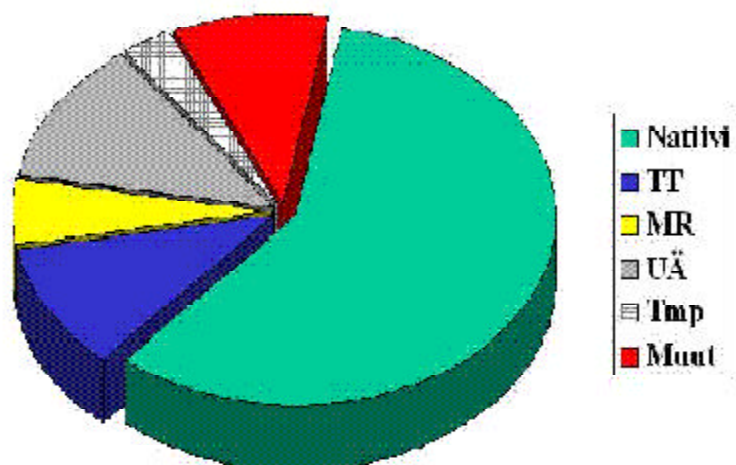
**Kuva 2.** Terveyskeskusten tutkimukset tuhatta asukasta kohti.

Samaan aikaan kun terveyskeskusten tutkimukset ovat vähentyneet, on tutkimusmäärä Kainuun keskussairaalassa noussut 27 %. Lukumääräisestikin kasvua on jokseenkin saman verran kuin terveyskeskuksissa on laskua. Nousua on varsinkin UÄ- ja MR-tutkimuksien määrässä. MR-tutkimukset aloitettiin vuonna 1997, ja siksi Kainuun säteilytutkimusten kokonaismäärä on kaikkiaan laskenut. Väestön radiologisista tutkimuksista saamassa säteilyannoksessa on tästä huolimatta todennäköisesti tapahtunut selvä nousu, koska KAKS:ssa tietokonetomografioiden määrä on kaksinkertaistunut.





Kuva 3. Kainuun keskussairaalan tutkimusmäärät 1997 ja 2003.



Kuva 4. Jakauma tutkimustyypeittäin KAKS:ssa 2003.

Kainuun keskussairaalassa on ollut digitaalinen kuva-arkisto vuodesta 1997. Suurimmista terveystieteisistä Kuhmon ja Suomussalmen röntgenit ovat jo digitaalisia sekä filmittömiä. Kuhmon ja Suomussalmen kuvat on jo vuosia arkistoitu digitaalisesti Kainuun keskussairaalan arkistoon. Kajaanin terveystieteisessä kuvien tulostetaan edelleen filmille, mutta siirtyminen filmittömäksi olisi sielläkin niin haluttaessa mahdollista lähes välittömästi. Sotkamon terveystietokeskus odottaa CR-laitteen hankintaa ja on suuremmista yksiköistä ainoa perinteistä tekniikkaa käyttävä.

Ongelmana Kainuussa on aina ollut radiologipula. Kainuun keskussairaalassa olisi töitä seitsemälle radiologille, virkoja on viisi ja radiologeja 1,8. Radiologipulan lisäksi uhkaa hoitajapula. Eläkkeelle on jäämässä useita hoitajia niin, että lähivuosina tarvittaisiin ainakin kahdeksan uutta röntgenhoitajaa pelkästään keskussairaalaan.

Vuonna 2005 Kainuun alueella tapahtuu suuri muutos maakuntahallintokokeilun vuoksi. Todennäköisesti silloin Kainuussa on yksi terveydenhuollon organisaatio ja siinä yksi radiologian yksikkö, jolla on monta toimipistettä. Tarkoitus on myös tehdä alueelle yhteinen toimintakäsikirja – myös siinä tapauksessa, että yhtä organisaatiota ei röntgeneistä synnykään. Montako röntgenyksikköä jäljelle jää, ei ole vielä selvillä. Toimeen varmasti tultaisiin nykyistä pienemmälläkin määrällä.

# POTILAAN SÄTEILYALTISTUKSEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

## Käsitteet

**Tuomo Komppa**  
**Säteilyturvakeskus**

Säteilyturvakeskuksen toimittamassa oppaassa ”Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen, STUK tiedottaa 1/2004” käsitellään potilaan säteilyaltistusta kuvaavia suureita ja niiden mittaamista sekä tulosten vertaamista röntgentutkimusten annoksille asetettuihin vertailutasoihin. Tässä esitelmässä selvitetään eräitä oppaassa käytettyjä käsitteitä.

### Yleisiä käsitteitä

#### Säteilyaltistus

Säteilyaltistuksella tarkoitetaan säteilylle alttiiksi joutumista: esimerkiksi tarkoituksellisesti säteilyttämällä, vahingossa tai vallitsevista olosuhteista johtuen. Säteilyn lääketieteellisessä käytössä tarkastellaan potilaan altistumista säteilylle tutkimuksessa tai hoidossa. Säteilyaltistus ei ole suure eikä sillä ole mittayksikköä, mutta sitä voidaan kuvata erilaisilla säteilyannossuureilla tai niistä johdetuilla mittaussuureilla, tilanteesta ja tarkoituksesta riippuen.

#### Säteilyannos

Säteilyannos on säteilyaltistuksen määrää kuvaava yleiskäsite tai yleissuure, jota voidaan käyttää, jos suuretta ei haluta nimetä tarkemmin. Sitä käytetään usein myös korvaamaan annossuureiden tai niistä johdettujen mittaussuureiden täsmällisiä nimiä. Asiyhteydestä riippuen säteilyannos saattaa tarkoittaa esimerkiksi absorboitunutta annosta, ekvivalenttiannosta tai efektiivistä annosta. Käytettävä mittayksikkö (esim. gray tai sievert) määräytyy sen mukaan, mitä suuretta tarkoitetaan. Yksikkö ei kuitenkaan riitä suureen tunnistamiseen, koska monella eri suureella voi olla sama yksikkö. Tarkoitettu asiyhteys ja annossuure olisi ilmaistava niin selvästi, ettei synny vääriä tulkintoja: mitään yleisesti toimivaa tulkintasääntöä ei ole.

### Vertailutaso

Säteilyn lääketieteellisessä käytössä vertailutasolla tarkoitetaan sellaista säteilyannostasoa tai muun säteilyaltistusta kuvaavan suureen tasoa, jonka ei pitäisi ylittyä hyvän käytännön mukaisessa toiminnassa normaalikokoisilla potilailla keskimääräisesti. Vertailutasot ilmoitetaan sovittujen mittaussuureiden etukäteen asetettuina arvoina, joita on tarkoitus verrata potilasmittausten tulosten keskiarvoihin. Vertailutasot perustuvat mittauksiin, mutta niitä ei voi suoraan mitata: potilaiden säteilyaltistuksen seurannassa ei mitata vertailutasoja, vaan potilaiden säteilyannoksia, joita sitten verrataan säteilyannosten ennalta asetettuihin vertailutasoihin. Suomessa vertailutasojen asettaminen on Säteilyturvakeskuksen tehtävä.

## Yleisiä fysikaalisia annossuureita

### Absorboitunut annos

Säteilyaltistuksen mittaamisen fysikaalinen perussuure on absorboitunut annos, joka on säteilystä aineeseen siirtynyt energia jaettuna tarkasteltavan ainemäärän massalla. Absorboituneen annoksen perusmääritelmässä tarkastellaan sitä osaa säteilyenergiasta, joka absorboituu tiettyyn massa-alkioon ja voi olla peräisin joko samassa alkiossa tai sen ulkopuolella tapahtuvista säteilyn ja aineen vuorovaikutuksista. Absorboituneen annoksen tunnus on  $D$  ja yksikkö gray, Gy (= J/kg).

### Kerma

Toinen fysikaalinen perussuure on kerma, joka soveltuu röntgensäteilyn, gammasäteilyn ja neutronisäteilyn (tai muun välillisesti ionisoivan säteilyn) mittaamiseen. Sekin on tietyn säteilyenergian ja massan suhde: kerman perusmääritelmässä tarkastellaan sitä osaa säteilyenergiasta, joka siirtyy sähköisten hiukkasten liike-energiaksi tietyssä massa-alkiossa tapahtuvissa säteilyn ja aineen vuorovaikutuksissa. Kerman tunnus on  $K$  ja yksikkö gray eli sama kuin absorboituneen annoksen yksikkö.

## Mitattavia annossuureita

### Ilmakerma ja ilmaan absorboitunut annos

Jos kerman tai absorboituneen annoksen määritelmässä tarkoitettu aine on ilma, on suure nimeltään ilmakerma ( $K_a$ ) tai ilmaan absorboitunut annos ( $D_a$ ).

Nämä perussuureet soveltuvat mitattavaksi sekä vapaassa röntgensäteilykeilassa että potilaan tai fantomin pinnalla. Näissä mittauksissa käytettävän ilmaisimen pitää olla niin pienikokoinen, että se mahtuu kokonaan säteilykeilaan: mittaustulos vastaa ilmaisimen alueelta mitatun ilmakerman tai ilmaan absorboituneen annoksen keskiarvoa. Röntgentutkimuksissa käytettävälle säteilylle ilmakerma ja ilmaan absorboitunut annos ovat mittaustarkkuuden rajoissa yhtä suuret.

Pinta-annos (ESD)

Pinta-annos (*ESD*, entrance surface dose) on ilmaan absorboitunut annos säteilykeilan keskiakselin ja potilaan etupinnan leikkauspisteessä, ja se sisältää myös potilaasta tähän pisteeseen siroavan säteilyn. Näin määriteltynä *ESD* soveltuu hyvin potilaan tai fantomin pinnalla tehtäviin mittauksiin, joissa annosmittari mittaa sekä potilaaseen kohdistuvaa että potilaasta siroavaa säteilyä.

Suureen nimenä pinta-annos ei ole yksikäsitteinen, ja siksi *ESD*-tunnusta on syytä käyttää täsmennyksenä. Kirjallisuudessa voi myös samalla nimellä ja tunnuksella esiintyä suureita, jotka poikkeavat edellä olevasta määritelmästä. Jos pinnalla mitataan ilmakermaa, käytetään usein tunnusta *ESAK* (entrance surface air kerma). Näiden molempien suureiden yksikkö on gray.

Annoksen ja pinta-alan tulo (DAP)

Jos säteilymittarissa käytetään niin suurta tasomaista ilmaisinta, että se kattaa säteilykeilan poikkileikkauksen kokonaan, on mittauksen tuloksena annoksen ja pinta-alan tulo (*DAP*, dose-area product) tai ilmakerman ja pinta-alan tulo (*KAP*, kerma-area product). Mittarin kannalta *DAP* tarkoittaa tuloa, jonka tekijöinä ovat ilmaisimen pinta-ala ja ilmaisimen alueelta mitatun annoksen ( $D_a$ ) keskiarvo. Käyttäjän kannattaa tulkita se tuloksi, jonka tekijät ovat säteilykeilan poikkileikkauksen pinta-ala ja keskimääräinen ilmaan absorboitunut annos tällä poikkileikkauksipinnalla. Tässä tulokinnassa poikkileikkauksipinnan voi valita vapaasti, kunhan se riittää kattamaan koko säteilykeilan puolivarjoalueineen. Likiarvona käytetään usein tuloa, jonka tekijät ovat säteilykentän keskellä mitattu annos ja kentän pinta-ala. Tämä likiarvo on sitä parempi, mitä tasaisempi ja teräväreunaisempi säteilykenttä on.

Annoksen ja pinta-alan tulon hyötykäyttö perustuu siihen, että se on lähes riippumaton fokuksen ja määrittelytason välisestä etäisyydestä: potilaan säteilyaltistusta kuvaava *DAP*-arvo voidaan mitata potilaaseen kohdistuvassa säteilykeilassa, kaukana potilaan pinnasta. Tällöin potilaasta siroaa vain vähän säteilyä mittariin: suureet *DAP* ja *KAP* onkin määritelty siten, että ne eivät

sisällä potilaasta tai ympäristöstä sironnutta säteilyä. Molempien suureiden perusyksikkö on  $\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ , mutta käytäntöön soveltuvat paremmin kerrannaisyksiköt, kuten  $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$  ja  $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$ .

Annoksen ja pinta-alan tulon mittareiden käytössä ja kalibroinnissa on huomattava:

- Jos mittari on asennettuna röntgenlaitteessa potilastutkimuksen aikana, on mitattavana suureena sen säteilykeilan *DAP*-arvo, joka on läpäissyt mittarin ja samalla vaimentunut. Mittarin pitää silloin olla kalibroitu mittarin läpi tulleen säteilyn suhteen.
- Jos mittari ei ole asennettuna potilastutkimuksissa, mutta sitä käytetään niitä jäljittelevissä mittauksissa käsin valituilla kuvausarvoilla, on mitattavana suureena mittariin kohdistuvan säteilykeilan *DAP*-arvo. Mittarin pitää silloin olla kalibroitu mittariin kohdistuvan säteilyn suhteen.
- Jos potilaspöytä tai muuta vaimentavaa ainetta on mittarin ja potilaan välissä, on mittarin näyttämä *DAP*-arvo korjattava vaimennusta vastaavalla tekijällä.

Annoksen ja pituuden tulo (*DLP*)

Jos säteilymittarissa käytetään niin pitkää puikkomaista ilmaisinta, että se kokonaan lävistää säteilytettävän alueen, on mittauksen tuloksena annoksen ja pituuden tulo (*DLP*), jonka perusyksikkö on  $\text{Gy}\cdot\text{m}$ . Mittarin kannalta *DLP* tarkoittaa tuloa, jonka tekijät ovat ilmaisimen pituus ja sen alueelta mitatun annoksen ( $D_a$ ) keskiarvo. Annoksen ja pituuden tulon mittarit kalibroidaan joko keskimääräisen annoksen ( $D_a$ ) suhteen tai suoraan annoksen ja pituuden tulon (*DLP*) suhteen.

Annoksen ja pituuden tuloa käytetään säteilyaltistuksen määrittämiseen tietokonetomografiatutkimuksissa. Mittauksessa käytetään lieriömäistä akryylimuovifantomia, johon ilmaisinkammio voidaan sijoittaa vuoroin keskiakselille, vuoroin lähelle pintaa. Fantomin keskellä ja sen pinnalla mitatuista *DLP*-arvoista lasketaan sovitulla tavalla painotettu keskiarvo eli *painotettu annoksen ja pituuden tulo* ( $DLP_w$ ). Kun tämä jaetaan tutkitun alueen pituudella ( $d$ ), saadaan *TT-annoksen tilavuuskeskiarvo* ( $MSAD_w$ , weighted multiple scan average dose), jonka yksikkö on gray.

## Säteilysuojelussa käytettäviä annossuureita

Säteilysuojelussa käytettävien annossuureiden perussuure on *kudokseen absorboitunut annos*. Suoran ihovaurion vaaraa voidaan arvioida *paikallisen*

*ihoannoksen* perusteella. Yleensäkin *suorien säteilyvaurioiden* syntyminen riippuu paikallisesti kudokseen absorboituneesta annoksesta, kun taas *satunnaisten vaurioiden* todennäköisyys on verrannollinen elimen tai kudoksen keskimääräiseen annokseen: Absorboituneesta annoksesta voidaan johtaa *elimen keskimääräinen absorboitunut annos*, joka on sama kuin elimeen siirtynyt säteilyenergia jaettuna elimen massalla. Kun se kerrotaan säteilyn painotuskertoimella, saadaan *elimen ekvivalenttiannos*. *Efektiivinen annos* on eri elinten ekvivalenttiannosten painotettu keskiarvo. Elinten ja kudosten painotuskertoimet on pyritty määrittämään siten, että väestössä keskimäärin efektiivinen annos olisi likimääräisesti verrannollinen satunnaiseen säteilyriskiin. Samoja kertoimia käytetään kaikille ihmisille iästä ja sukupuolesta riippumatta. Väestöryhmän *kollektiivinen efektiivinen annos* on efektiivisten annosten keskiarvo kerrottuna ryhmään kuuluvien lukumäärällä.

Pistekohtaiset annossuureet:

absorboitunut annos, yksikkö gray, Gy (= J/kg)

annosekvivalentti, yksikkö sievert, Sv (= J/kg)

Annosekvivalentti on absorboitunut annos kerrottuna säteilylajista ja säteilyn energiasta riippuvalla laatu kertoimella. Eri pisteiden absorboituneita annoksia tai annosekvivalentteja ei voi laskea yhteen: summa ei olisi samantyyppinen suure. Tämä ei kuitenkaan estä keskiarvon muodostamista.

Elinkohtaiset annossuureet:

elimen keskimääräinen absorboitunut annos, yksikkö Gy

elimen ekvivalenttiannos, yksikkö Sv

Elimen ekvivalenttiannos on elimen keskimääräisen annosekvivalentin likiarvo. Eri elinten ekvivalenttiannoksia ei voi laskea yhteen, mutta keskiarvo voidaan muodostaa.

Henkilökohtainen annossuure (kuvaava säteilyriskiä vain keskimääräisesti):  
efektiivinen annos, yksikkö Sv

Efektiivinen annos on eri elinten ekvivalenttiannosten painotettu keskiarvo. Eri henkilöiden efektiivisiä annoksia ei voi laskea yhteen, mutta keskiarvo voidaan muodostaa.

Ryhmäkohtaiset annossuureet:

keskimääräinen efektiivinen annos, yksikkö Sv

kollektiivinen efektiivinen annos, yksikkö mansievert, manSv

Ryhmän kollektiivinen efektiivinen annos on sen keskimääräinen efektiivinen annos kerrottuna ryhmän jäsenten lukumäärällä. Kollektiivisia annoksia voidaan laskea yhteen: koko ryhmän kollektiivinen annos on yhtä suuri kuin osaryhmien kollektiivisten annosten summa.

## Potilaan säteilyaltistuksen mittaamisesta

Kun tarkastellaan potilaan säteilyaltistusta tavanomaisen röntgenkuvauksen yksittäisen projektion kuvauksessa, mitattavaksi suureeksi voidaan valita pinta-annos (*ESD*) tai annoksen ja pinta-alan tulo (*DAP*). Suomessa vertailutasot on toistaiseksi ilmoitettu yleensä vain pinta-annoksina, mutta ne pyritään myöhemmin ilmoittamaan myös *DAP*-arvoina. Tarvittaessa pinta-annoksen likiarvo voidaan laskea *DAP*-arvosta kenttäkoon ja takaisinsirontakertoimen avulla.

Pinta-annos (*ESD*) voidaan mitata sellaisella annosmittarilla, joka soveltuu kiinnitettäväksi potilaan iholle, esimerkiksi termoloisteannosmittarilla (TL-dosimetrillä). Se voidaan myös laskea röntgenputken säteilytuoton perusteella, kunhan kaikki laskennassa tarvittavat tiedot on merkitty muistiin. Apuna voidaan käyttää esimerkiksi STUKissa kehiteltyä *ESD*-laskentaohjelmaa.

Pinta-annoksen mittaaminen potilaan iholla voidaan korvata fantomin pinnalla tehtävällä mittauksella, jos käytettävissä on fantomi, joka riittävän hyvin edustaa potilasta kyseisessä tutkimuksessa. Jos käytetään valotusautomaattia, fantomin pitäisi sekä vaimentaa että sirottaa säteilyä samaan tapaan kuin normaalikokoinen potilas. Käsiarvoja käytettäessä riittää, että takaisinsironta fantomista ja potilaista on samantapaista. Fantomin pinnalla voidaan käyttää myös sellaisia säteilymittareita, jotka eivät sovellu käytettäväksi potilas-kuvauksen yhteydessä.

Mammografiatutkimuksissa ei yleensä kannata käyttää *DAP*-mittaria eikä iholle sijoitettavia annosmittareita, koska ne voivat huonontaa kuvan laatua. Pinta-annos voidaan mitata sopivan fantomin avulla tai laskea röntgenputken säteilytuoton perusteella.

Kun tarkastellaan potilaan säteilyaltistusta sellaisessa röntgentutkimuksessa, joka koostuu useasta projektiokuvauksesta ja mahdollisesti myös läpivalaisujaksoista, on mitattavana suureena annoksen ja pinta-alan tulo



(DAP). Pinta-annos ei ole kovin käyttökelpoinen, koska eri projektioiden pinta-annoksia ei voi yhdistää. Koko tutkimusta koskeva annoksen ja pinta-alan tulo voidaan mitata yhtäjaksoisesti tai laskea vaiheittain mitattujen DAP-arvojen summana.

Toimenpideradiologiassa joudutaan joskus käyttämään hyvin pitkiä läpivalaisuaikoja ja ottamaan suuri määrä kuvia. Silloin on otettava huomioon myös suorien ihovaurioiden mahdollisuus, joka riippuu paikallisen ihoannoksen maksimiarvosta. Sen mittaamiseen ei ole keksitty mitään helppoa keinoa.

Hampaiden panoraamatomografiatutkimuksissa potilaan säteilyaltistus määritetään DAP-mittarin avulla siten, että mittari sijoitetaan kuvauslaitteeseen potilaan paikalle ja tehdään röntgenkuvaus normaalikokoisen potilaan kuvausarvoilla. Potilaita tutkittaessa mittari ei ole mukana, ja siksi tässä mittauksessa käytettävä DAP-mittari on kalibroitava mittariin kohdistuvalle säteilylle.

Tietokonetomografiatutkimuksissa mitattavia suureita ovat painotettu annoksen ja pituuden tulo ( $DLP_w$ ) ja TT-annoksen tilavuuskeskiarvo ( $MSAD_w$ ). Mittaukset tehdään käyttäen puikkomaista annoksen ja pituuden tulon mitta-kammiota ja akryylimuovifantomia.

DLP- ja DAP-mittareita ei toistaiseksi ole järjestelmällisesti kalibroitu Suomessa, mutta Säteilyturvakeskuksen dosimetrialaboratoriossa on aloitettu tähän tarkoitukseen soveltuvien menetelmien ja ohjeiden valmistelu.

## POTILAAN SÄTEILYALTISTUKSEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

### Laskenta röntgenputken säteilyntuotosta

Jouni Salminen  
Rauman aluesairaala

#### Taustaa

Rauman aluesairaalan kuvantaminen on osa Satakunnan sairaanhoitopiirin kuvantamisen tulosityksikköä. Osastolla suoritetaan noin 30 000 tutkimusta vuosittain. Tutkimusvalikoima sisältää luu-, thorax-, lpv-, ct-, uä-, luuntiheysmittaus- ja mammografiatutkimukset. Kuvaushuoneita on käytössä yhdeksän. Osastolla on kolme radiologin virkaa, osastonhoitajan ja apulaisosastonhoitajan virat sekä 14 röntgenhoitajan tointa. Potilaan säteilyaltistusta on järjestelmällisesti määritetty vuodesta 1999 lähtien. Tässä esityksessä kuvataan esimerkinomaisesti potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen röntgentutkimuksen yhteydessä. Menetelmänä on pinta-annoksen laskenta röntgenputken säteilyntuoton perusteella.

#### Pinta-annoksen (ESD) laskeminen

Pinta-annoksen laskenta soveltuu tavanomaisen röntgentutkimuksen yhden kuvausprojektion säteilyaltistuksen määrittämiseen. Pinta-annoksen (ESD) laskenta tapahtuu seuraavalla kaavalla:

$$ESD = (FMD/FSD)^2 * Y * Q * BSF$$

ESD = Pinta-annos (Entrance Surface Dose), Gy tai mGy

FMD = Fokus-mittari-etäisyys (Fokus-Meter Distance), cm

FSD = Fokus-iho-etäisyys (Fokus-Skin Distance), cm

Y = Säteilytuotto mGy/mAs

Q = Virran (mA) ja ajan (ms) tulo (mAs)

BSF = Takaisinsirontakerroin (Back Scatter Factory)

## Laskennassa tarvittavat tiedot

Aloitettaessa annosmäärittämissä ensimmäisiä tehtäviä oli selvittää, mistä kaikki laskennassa tarvittava tieto olisi saatavissa. Laitteiden käyttöönotto-tarkastuksessa laadittujen pöytäkirjojen tietojen todettiin olevan melko vanhoja ja usein ainakin röntgenputki oli näiden mittausten jälkeen vaihdettu. Näistä syistä edellä mainittuja tietoja ei voitu käyttää. Laitetoimittajien laadunvalvontahuoltojen yhteydessä tehdyt mittaukset eivät myöskään soveltuneet tähän tarkoitukseen. Niissä säteilytuotto oli usein mitattu vain yhdellä jännitteellä. Osastolla ei ollut annosmittaria käytettävissä, joten mittaukset päätettiin teettää laadunvalvontahuoltojen yhteydessä 10 kV:n välein kaikilla käytetyillä suodatuksilla. Mittauspöytäkirjat laadittiin huoltohenkilöstölle valmiiksi. Niihin merkittiin mm. kenttäkoko, mittausetäisyys, fokus, suodatus ja asetettavat säätöarvot valmiiksi. Tällä pyrittiin varmistamaan kaikkien tarvittavien tietojen saanti. Huoltoihin kuluva aikaa ei myöskään haluttu turhaan lisätä. Näistä mittauksista tehtiin putkikohtaisesti Exceltaulukkolaskentaohjelmalla taulukot ja kuvaajat, joista selviää säteilytuotto (mGy/mAs) eri jännitteillä ja suodatuksilla. Takaisinsirontakertoimina (BSF) käytetään STUKin julkaisuista saatuja lukuarvoja.

## Säteilyaltistuksen määrittäminen

Annosmäärittämissä noudatetaan pääsääntöisesti Säteilyturvakeskuksen ohjeistuksia (Kirje toiminnanharjoittajille 8.12.2000 ja ”Röntgentutkimuksista potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen, STUK tiedottaa -opas, luonnos 20.3.2003”; valmis opas julkaistu maaliskuussa 2004). Annokset määritetään kaikilla tutkimustelineillä yleisimmissä tutkimuksissa, joista vertailuannos on annettu. Määrittäykset tehdään vähintään kolmen vuoden välein tai tarvittaessa. Väli vuosina tarkistetaan yhden tutkimuksen annokset. Potilaat valitaan siten, että paino on 55–85 kg:n välillä, jolloin painojen keskiarvo on noin 70 kg. Mammografiassa puristetun rinnan paksuus on 4–6 cm:n välillä siten, että keskiarvo on noin 5 cm. Otos on vähintään kymmenen potilasta. Säteilyaltistuksista lasketaan keskiarvot ja niitä verrataan STUKin antamaan vertailutasoon. Menetelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti osaston laadunvarmistusohjelmassa.

## Tietojen kirjaaminen

Altistuksen määrittämistä varten tehtiin taulukkolaskentaohjelmaan lomake tietojen kirjaamista varten. Lomake sopii sellaisenaan myös lopulliseen las-

kentaan. Siihen on valmiiksi syötetty fokus-mittari-etäisyys (FMD), takaisinsirontakerroin (BSF) sekä laitteistoa ja välineistöä koskevat esitiedot. Tutkimuksen aikana potilaalta tiedustellaan pituus ja paino sekä mitataan fokus-iho-etäisyys (FSD). Virran ja ajan tulo (mAs) kirjataan jälkinäytöstä projektiokohtaisesti exponoinnin jälkeen. Myös muut lomakkeella kysytyt tiedot kirjataan. Lomake on kokemuksen mukaan melko helppo ja selkeä täyttää. Tutkimuksen tekoa kirjaaminen häiritsee jonkin verran ainakin alkuvaiheissa. Pienen harjaantumisen jälkeen häirtä on kuitenkin melko pieni. Mittauksissa ja kirjauksissa on syytä olla mahdollisimman tarkka, jotta luotettavuus säilyy. Materiaalin keräämisen jälkeen tiedot syötetään samanlaiselle lomakkeelle taulukkolaskentaohjelmaan. Vaikka itse laskenta on aika yksinkertainen toimenpide, vaatii se kuitenkin pientä harjaantumista laskentaohjelman käytössä.

## Tulokset

Tulokset pyritään saamaan helposti ymmärrettäviksi. Jokaisen kuvaushuoneen säätötilasta löytyy kyseisen kuvaushuoneen tulosityhteenvedo. Tällä pyritään siihen, että annostiedot olisivat aina saatavilla. Yhteenvedossa kerrotaan potilasannokset projektiottain ja niille vertailuannokset.

Tämän lisäksi tutkimuksista tehdään tarkempi analyysi, jossa edellisten tietojen lisäksi on laskettu mm. pituuden ja painon keskiarvot ja tulosten vaihteluvälit. Nämä tiedot palvelevat hyvin esimerkiksi laadunvarmistuksen tarpeita jatkoseurannassa.

## Yhteenveto

Pinta-annoksen laskenta on käyttäjän näkökulmasta katsottuna käyttökelpoinen menetelmä säteilyaltistuksen määrittämiseksi. Hyvinä puolina voitaneen mainita mm. menetelmän edullisuus, takaisinsironnan huomioiminen ja vertailuannosten runsaampi saatavuus. Lisäksi menetelmää voidaan käyttää tilanteisiin joihin muut menetelmät eivät sovi tai niitä ei ole järkevää käyttää. Menetelmä ei myöskään vaadi laiteasennuksia. Tekijälleen laskenta antaa myös ”syvempää näkemystä” altistuksen määrittämiseen liittyvissä asioissa.

Alkuvaiheessa mittaukset ja niihin kuuluva aika röntgentutkimuksen yhteydessä voivat häiritä potilastyöskentelyä. Säteilynuottotietojen mittaaminen aiheuttaa myös jonkin verran vaivaa. Lisäksi tulosten käsittelyssä kuluu enemmän aikaa kuin esimerkiksi annoksen ja pinta-alan tulon (DAP) mittaa-

misessa ja keskiarvojen laskennassa. Toisaalta DAP-arvon kohdallakin on usein tarvetta ja halua suorittaa useampia laskutoimituksia kuin pelkästään keskiarvon laskenta.

Potilaan säteilyaltistuksen määrittämisellä on ollut useita positiivisia vaikutuksia osaston kuvauskäytäntöihin. Kuvausarvoja on useissa tutkimuksissa muutettu, suodatuksia lisätty ja eri kuvaushuoneiden väliset erot annoksissa on tiedostettu. Lisäksi muutoksia on tapahtunut vahvistuslevyjen ja hilan käytössä.

## POTILAAN SÄTEILYALTISTUKSEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

### DAP-mittauksiin perustuva määrittäminen

Reijo Kaakinen  
Keski-Suomen keskussairaala

#### K-S shp/Radiologian esittely

- Sairaalat: 1) Keskussairaala 2) Sädesairaala 3) Kinkomaan sairaala. Yhteensä 7 natiivikuvauspistettä.
- Tutkimusmäärä vuosittain lähes 90 000. Henkilökuntaa radiologiassa yhteensä n. 70.
- Alueella 18 terveyskeskusta, joissa oli röntgentoimintaa kolme vuotta sitten, sekä yksi aluesairaala.
- Kaikkiaan siis K-S shp:n alueella oli v. 2000 yhteensä 26 natiivikuvauksia tekevää käyttöpaikkaa.

#### Yleistä

Potilasannosmittaukset aloitettiin keskussairaalassa ja sairaanhoitopiirin alueella keskitetysti noin 3 vuotta sitten, v. 2001. Tietysti jo sitä ennen alueella on potilasannoksia mitattu joidenkin terveyskeskusten röntgenhoitajien toimesta, jos vain kiinnostusta ja työaikaa on löytynyt. Käytännössä yhtä keskussairaalan pinta-ala-annosmittaria on kierrätetty alueen terveyskeskuksissa. Vertailun vuoksi on pyydetty mittaamaan focus-iho-etäisyys sekä blenda-pinta-ala ja mAs-lukema matemaattista kaavaa varten. Nykyisin uusissa laitteistoissa on oma laskennallinen annosnäyttö, joka on myös kirjattu.

Pinta-ala-annoksia määritettiin kolmella eri tavalla: 1) pinta-ala-annosmittarilla 2) matemaattisella kaavalla 3) laitteiston omalla laskennallisella menetelmällä. Jokaisesta röntgenlaitteesta pyrittiin saamaan ainakin yhdellä menetelmällä annokset määritettyä. Lopputulosten vertailua eri menetelmien välillä on haluttu tehdä, ainakin nyt ensimmäisen mittauskierroksen osalta, koska kaikilla menetelmillä voidaan saada lopputulokseen virheitä, jotka johtuvat joko mittareista tai mittaajasta tai molemmista.

Sovittiin, että ainakin ensimmäisellä kerralla annokset mitataan enintään 20 potilaasta, ja että kuvauskohteet ovat 1) thorax, 2) lanneranka ja 3) nso-kuutamo. Kaikista työpisteistä ei saatu kahtakymmentä otosta jokaisesta kohteesta; varsinkin kesäaikaan kuvausmäärät ovat paikka paikoin hyvin pienet ja mittarin olisi pitänyt olla koko kesän samassa paikassa. Samasta syystä ei myöskään kaikkia kolmea kohdetta mitattu joka paikasta. Keskussairaalan vastaava röntgenhoitaja oli sopinut kyseisten terveystieteiden kanssa mittausajankohdasta, vienyt mittarin, asentanut ja opettanut sen käytön ja jakanut tarvittavat kaavakkeet. Tulokset oli lähetetty sitten keskussairaalaan, jossa ne analysoitiin. Yhdessä terveystieteiden kanssa annosmittaus oli tehty ostopalveluna.

## Tulosten luotettavuus

Referenssinä eli luotettavimpana mittarina olen pitänyt siirrettävää, kalibroitua pinta-ala-annosmittaria, joka kiinnitetään blendakoppaan. Kaikkiin mittaustapoihin liittyy virhemahdollisuuksia, jotka voivat vaikuttaa suuresti lopputulokseen. Kun *eri tavoilla* saatuja pinta-ala-annoksia vertailee yhdessä kuvauspaikassa, niin annoserot voivat olla jopa 10–20 %. Kun annoserot *eri kuvauspaikkojen* välillä voivat olla samankaltaisia, voi päätellä vaikkapa laitteistojen omien pinta-ala-annosnäyttöjen olevan virheellisiä.

### Pinta-ala-annosmittari

Mittari kalibroidiin luotettavan mittarin suhteen ennen käyttöönottoa, siis yhden kerran yhdellä putkella. Mittari pitää kalibroida jokaisen mitattavan putken kanssa erikseen jokaisella käyttöpaikalla ja mahdollisimman tarkasti käyttöä vaativissa olosuhteissa (T. Komppa, 1998). Sinänsä mittarin käyttö on helppoa: ionisaatiokammio on pidettävä puhtaana. Käyttäjävirheet ovat vähäiset.

### Matemaattinen kaava

Kaavaan sijoitetaan mAs-näyttö, focus–iho-etäisyys ja putken säteilyntuotto tunnetulla etäisyydellä tutkimuksessa *käytetyllä kV:llä ja kokonaissuodatuksella*. Kun halutaan pinta-ala-annos (DAP), tarvitaan lisäksi blenda-pinta-ala mitattuna focus–iho-etäisyydelle. Kaikki edellä mainitut tekijät voivat yhdessä ja erikseen virheellisesti mitattuna vaikuttaa lopputulokseen, joka voi olla kaukana todellisesta potilasannoksesta. Kaavaa käytettäessä kannattanee tyytyä vain pinta-annokseen (ESD).

Laitteistojen omat näytöt

Vaivattomin tapa saada potilasannos on kirjata se laitteiston omasta laskennallisesta annosnäytöstä. Uusissa natiivikuvauslaitteissa ei siis ole välttämättä ionisaatiokammiota, vaan laitteiston oma laskentamenetelmä huomioi käytettävän kV:n, mAs:n ja blendauksen. Ennen kuin näiden laitteistojen, uusienkin laitteiden osalta, annosnäyttöjä voidaan käyttää potilasannosmittauksiin, ne tulisi kalibroida luotettavalla mittarilla.

Lisäksi kaikkiin edellä mainituilla menetelmillä määritettyihin potilasannoksiin vaikuttavat kuvauslaitteiden kV:n ja mAs:n toistettavuus, kuvaajan välitsemät kuvausparametrit ja kuvaajan tekemät mittausvirheet. Näitä ei näissä määrityksissä ole voitu ottaa huomioon. Vertailu mitattujen pinta-ala-annosten osalta on kuitenkin suhteellisen luotettavaa, kun on käytetty samaa pinta-ala-annosmittaria. Yhdessä kuvauspaikassa oli eri mittari, kolmessa tapauksessa laskettiin pinta-ala-annos matemaattisella kaavalla.

## Tuloksia

Seuraavassa käsitellään 16 terveyskeskuksen, yhden aluesairaalan ja viiden keskussairaalan natiivikuvauspisteen (yhteensä 22 röntgenlaboratoriota) pinta-ala-annosmittaustuloksia.

DAP-mittaus verrattuna pinta-annokseen (ESD) on lopputuloksiltaan suuripiirteisempi, koska DAP-mittauksessa lasketaan yhteen annokset kaikista tutkimuksen projektiosta (esim. AP ja sivuprojektiot). DAP-mittauksessa ei myöskään käytetä takaisinsirontakerrointa, joka on noin 1,2–1,4 kohteesta riippuen.

Pinta-ala-annosten erot kaikissa kolmessa eri tutkimuksessa eri työpisteiden välillä olivat huomattavia, jopa lähes kymmenkertaisia. Erot johtunevat eri ikäisistä kuvauslaitteistoista. Kuvausparametrien osuus on vähäisempi, mutta esim. lisäsuodatusten käyttö tai käyttämättä jättäminen, sekä kohteen rajaaminen blendoilla vaikuttaa *pinta-ala-annokseen* hyvin paljon.

	Thorax- kuvaus	Lanneranka- kuvaus	Nso-kuutamo
Vertailutaso (STUK)	600 mGycm <sup>2</sup>	10 000 mGycm <sup>2</sup>	–
Pinta-ala-annoksen vaihteluväli	132–1 022	1996–10 780	47–436
Vertailutason ylitys	2 työpisteessä	1 työpisteessä	–
Pinta-ala-annoksen keskiarvo koko alueella	468	4 638	119



Käytännössä käy useasti niin, että pinta-annos (ESD) joissain projektioidissa ylittää vertailutason huomattavastikin, mutta saman tutkimuksen pinta-ala-annos ei ylitä omaa vertailutasoaan. Pinta-ala-annoksina mitattuna vertailutasojen ylityksiä on todella vähän koko alueella: yhteensä 3 kpl.

## Toimenpiteitä annosten pienentämiseksi

*Thorax-tutkimuksissa* vertailutasojen ylitykset (2 kpl) mitattuna pinta-ala-annoksina olivat keskussairaalan omissa kuvauspisteissä: Kantatalon thx-kuvaushuoneessa H1 ja Kinkomaan sairaalan thx-kuvaushuoneessa. Kantatalon H1:n seleenirumpu-kuvauslaitteistolla kuvataan toistaiseksi kuten ennenkin.

STUKin tarkastuksessa vuonna 2003 mitattu keskimääräinen potilasannos ei ylittänyt vertailutasoa. Hilan poisto vähentää potilasannosta puoleen; hila poistetaan alle 15 vuotiailta lapsilta. Kinkomaan sairaalan vanha thx-kuvauslaitteisto on poistettu ja siirretty digitaaliseen kuvantamiseen.

*Lanneranka-tutkimuksissa* vertailutason ylitys (1 kpl) saatiin terveyskeskuksen erittäin vanhalla kuvauslaitteella. Potilasannoksen määrittystä seuraavana vuonna kuvauslaitteisto uusittiin.

## Yleisiä toimenpiteitä

Eräissä terveyskeskuksessa lannerankatutkimusten korkeat potilasannokset johtuivat käytetyistä ns. käsiarvoista; lähes kaikissa Ls-ap-kuvauksissa mAs oli 160 ja Ls-sivu-kuvauksissa 320, huolimatta kohteen paksuudesta. Kun siirryttiin käyttämään mittakammioita bucky-pöydässä, saatiin potilas-annos huomattavasti pienenevä.

Mittakammioiden säätö digikuvaukselle on tehtävä kun siirrytään digikuvaukseen. Vanhat filmi-vahvistuslevy-yhdistelmät vaativat monessa kohteessa enemmän annosta kuin digikuvauksessa; digikuvauksessa voi käyttää jopa 8–10-kertaisia annoksia ilman, että se tulisi kuvalaadussa esille. Käsiarvot on pidettävä mahdollisimman alhaalla/kontra kuvalaatu.

Tutkimuskohteiden koodaus säätöpöytä on tärkeää; kaikki käyttävät samoja kuvausparametrejä. Yhtenäiset, hyviksi todetut kuvauskäytännöt laskevat potilasannoksia. Tämä pätee niin filmi-vahvistuslevy-kuvauksessa kuin digikuvauksessakin.

Filmi-vahvistuslevy-yhdistelmiä kohteen mukaan olisi tarkasteltava kriittisesti. Esim. Ls-sivu-kuvauksen potilasannokset saadaan laskemaan, jos tarkastellaan tutkimusannosta/kuvalaatu yhdessä eri filmi-vahvistuslevy-yhdistelmien kanssa. Valitettavasti usein hankitaan halvinta filmilaatua ja käytetään

jopa 20 vuotta vanhoja vahvistuslevyjä; näihin asioihin röntgenhoitaja voi harvoin vaikuttaa.

## Eräitä ongelmia

Olipa kyse pinta-ala-annosmittareista tai säteilyntuottomittareista ja niiden kalibroinneista, laitteistojen omista pinta-alanäytöistä tai kuvauslaitteistojen kV/mA-toistettavuuksista, *mittareiden luotettavuudesta* olisi syytä varmistua ja ne olisi testattava hyvin ennen potilasannosmittauksia ko. laitteilla.

*Säteilyntuotot röntgenputkista* mitataan laitteistojen huoltajien toimesta usein aivan muilla kV:lla ja kokonaissuodatuksilla kuin mitä tutkimuksissa käytetään. Matemaattisen kaavan käyttö ei onnistu, jos säteilyn tuottoa ei mitata erikseen. *Vanhimmissa laitteissa* ei ole mAs-jälkinäyttöjä tai etäisyysmittaa, jolloin matemaattista kaavaa ei myöskään voida käyttää. Jos blenda-kopassa ei ole kiilauria, pinta-ala-annosmittaria ei voi käyttää. *Yhdessä kuvauslaitteessa* oli mahdollista säätää vain kV-arvoa; mAs-arvon laite laski käyttäjän arvion mukaan itse, myös silloin kun ei käytetty telinettä mittakammioineen?

*Vertailu eri mittausmenetelmien välillä* tuotti suuret erot lopputuloksissa. Tämän perusteella voidaan olettaa, että potilasannosten määritystulokset eivät valtakunnallisesti ole hyvin vertailukelpoisia, kun mittauksia tekevät kymmenet, enemmän tai vähemmän asiaan perehtyneet, henkilöt eri tavoin. Yhden sairaanhoitopiirin alueella potilasannokset lienevät vertailukelpoisia, kun mitaukset tehdään keskitetysti. Kirjaamiseen tarkoitettut kaavakkeet olisi oltava samanlaiset kaikille.

*Sopiva menetelmä* on valittava kuhunkin terveyskeskukseen. Jossakin terveyskeskuksessa ei ole kuvauksia kuin yksi päivä tai puoli päivää viikossa. Jos tällaisessa paikassa saadaan annokset vain pinta-ala-annosmittarilla, mittarin pitäisi olla röntgenputkessa pitkään kiinni.

*Röntgenhoitajan sijaisina* käytetään yhä epäpätevää, ammattitaidotonta henkilökuntaa kuvaustoiminnassa. Potilasannosten määrittämisessä on ammattitaitoisen röntgenhoitajan oltava paikalla, jotta kuvauspaikan annostaso olisi lähinnä normaalia.

Keski-Suomen keskussairaalan omiin samoin kuin shp:n alueen potilasannosmittauksiin, ja lähes kaikkeen muuhunkin laaduntarkkailuun, on käytettävissä *vain yksi röntgenhoitaja*. Nämä kaikki tehtävät on suoritettu oman työn ohella, työaika laaduntarkkailuun on ollut säännöllisen epäsäännöllisesti. Mittausten ja tulosten analysoinnin välillä on voinut olla kuukausiakin.

## Tulevaisuudesta

On pyrittävä siihen, että alueen terveystieteiden röntgenhoitajat omalla työpaikallaan suorittavat annosmittaukset mahdollisimman itsenäisesti sillä metodilla, joka on paras ko. kuvauspaikassa. Muutamassa terveystieteidenkeskuksessa näin jo tapahtuukin.

Ohjausta ja neuvontaa varten keskussairaalaan tulee annosmittauksiin perehtynyt henkilö, joka kiertää alueen terveystieteidenkeskuksissa edelleen pinta-ala-annosmittarin ja/tai annostuottomittarin kanssa. Jokaisen kuvauspaikan potilasannos (10 potilaan keskiarvo) mitataan ainakin yhdestä tutkimuskohteesta kolmen vuoden välein; kohdetta voisi vaihdella joka tutkimuskerralla (R. Havukainen, 2001).

## Yhteenveto

Annoksen ja pinta-alan tulon (pinta-ala-annoksen, DAP) mittaus sopii hyvin potilasannosmittauksiin. Pinta-ala-annos kuvaa paremmin potilaalle aiheutettua haittaa säteilytyksestä kuin pinta-annos (M. Tapiovaara, 1998).

Siirrettävällä mittarilla mitattuna, tai uusien kuvauslaitteistojen omilta pinta-ala-annosnäytöiltä otettuna, pinta-ala-annos vakiintunee vähitellen luotettavaksi ja helpoimmaksi menetelmäksi mitata potilasannos.

## DIGITAALINEN KUVANTAMINEN

# Tekniset vaihtoehdot ja kuvansiirtotekniikat

**Juha Aalto**

**Tampereen yliopistollinen sairaala**

Lääketieteellinen kuvantaminen ja erityisesti radiologinen kuvantaminen on kokenut digitaalisen vallankumouksen viimeisen kymmenen vuoden aikana.

Kaikkeen radiologiseen kuvantamiseen löytyy digitaalisen kuvan tuottava ratkaisu. Nykyään lähes kaikissa laiteuusannoissa ja uushankinnoissa päädytään ratkaisuun, joka mahdollistaa siirtymisen filmittömään toimintaan, joko välittömästi tai halutun siirtymäajan sisällä. Seuraavassa lyhyt katsaus markkinoilla oleviin digitaalitekniikoihin ja kuvaverkkoihin. Kuvanlaatuun, annosnäkökulmaan ja laadunvalvontaan paneudutaan jäljempänä muissa esityksissä.

## Digitaalisen kuvantamisen tekniset vaihtoehdot ja trendit

Perusradiologiassa digitaalisen kuvantamisen vaihtoehdot ovat levykuvantaminen ja litteään detektoriin perustuva kuvantaminen. Jälkimmäistä kutsutaan myös suoradigitaaliseksi kuvantamiseksi.

Levykuvantaminen perustuu säteilyä "varastoivan" kuvalevyn käyttöön. Kuvalevyä voidaan teoriassa verrata filmikuvauksessa käytettävään vahvistuslevyyn. Molemmat reagoivat säteilyyn tuottamalla valontuikahduksen. Vahvistuslevy emittoi valoa välittömästi säteilytyksen yhteydessä valottaen röntgenfilmin. Kuvalevyssä puolestaan osa säteilyn energiasta varastoituu atomirakenteeseen viritystilana, joka puretaan lukulaitteessa piste pisteeltä laserivalolla ja samalla vapautuu ko. pisteeseen osunutta säteilymäärää vastaava määrä valoa. Valon intensiteetti rekisteröidään valomonistinputkella ja näin saatu signaali digitoidaan.

Levykuvantamista on Suomessa käytetty rutiinisti 1990-luvun alusta lähtien. Se soveltuu hankintahinnaltaan edullisimpana digitaalisena menetelmänä pieniin röntgenyksiköihin. Myös suuremmissa yksiköissä levykuvantamisen käyttö kasettipohjaisena menetelmänä soveltuu hyvin vuode- ja traumapotilaiden kuvauksiin.

Suoradigitaaliset kuvauslaitteet ovat olleet rutiinissa tuotantokäytössä Suo-

messa (ja maailmalla) muutaman vuoden. Näissä laitteistoissa käytettävät litteät detektorit perustuvat joko amorfiseen seleeniin (a-Se) tai amorfiseen piin (a-Si) ja loisteaineen (yleensä CsI:n) yhdistelmään. Ensin mainitussa säteily aiheuttaa seleenissä suoraan sähköisen signaalin, joka rekisteröidään puolijohdematriisissa. Jälkimmäisessä säteily muunnetaan CsI-kerroksessa valoksi, joka puolestaan aiheuttaa puolijohde-elementissä sähköisen signaalin. Loppukäyttäjän kannalta näillä tekniikoilla ei ole merkittävää eroa, molemmat ovat käytännössä osoittautuneet toimiviksi ja kuvanlaadultaan sekä annostasoltaan käyttökelpoisiksi.

Levykuvantamisen käyttöönotto ei välttämättä edellytä muun röntgenlaitteiston (generaattori, kuvaustelineet) uusintaa. Sen sijaan suoradigitaaliseen kuvantamiseen siirtyminen edellyttää tyypillisesti sekä generaattorin että kuvaustelineen uusintaa samassa yhteydessä, ainakin jos kyseessä on paria vuotta vanhemmat laitteet. Yhdellä levykuvantamislaitteella voidaan hoitaa useamman kuvaushuoneen kuvatuotanto, kun taas suoradigitaaliset detektorit ovat huone/telinekohtaisia. Yhteenvetona voisi todeta, että hankintahinnaltaan tuplasti levykuvantamisen hintaisen (kokonaishankinta: generaattori, teline, digitaalidetektorikuvauslevy) suoradigitaalisen kuvauslaitteiston käyttö on perusteltua suurivolyymisissä kuvaushuoneissa, joissa kuvataan pääsääntöisesti käveleviä potilaita.

Viime aikoina on markkinoille tullut myös liikuteltavia suoradigitaalisia detektoreja, jotka voidaan integroida olemassa oleviin kuvauslaitteisiin.

Seuraavaksi litteä detektoritekniikka korvaa kuvanvahvistin/kamera -yhdistelmän angio- ja läpivalaisulaitteissa. Pisimmällä ollaan koronaariangioissa, jossa uutta tekniikkaa on hyödynnetty jo pari vuotta. Myös neuro- ja yleisangiolaitteisiin on jo olemassa kaupallisia suoradigitaalisia tuotteita. Koronaariangioiden etumatka suoradigitaalisessa kuvantamisessa selittyy pienemmällä kuva-alalla, joka on luokkaa  $20 \times 20 \text{ cm}^2$ . Yleisangioissa tarvittava kuva-ala on luokkaa  $40 \times 40 \text{ cm}^2$ .

Sama kehityskulku on todennäköisesti edessä tietokonetomografian kohdalla. Tämän hetken 16-leikedetektorit mahdollistavat monipuolisen volyymikuvantamisen. Kanavamäärän kasvattaminen Z-suunnassa (=litteän detektorin CT-versio) parantaa erityisesti dynaamisten tutkimusten tekemistä (kuten kardiologiset tutkimukset).

## Kuvaverkot ja kuvansiirtotekniikat

Käsite kuvaverkko pitää sisällään toiminnallisen kokonaisuuden, joka mahdollistaa kuvien siirron ja jakelun kuvaa tuottavien laitteiden eli modaaliteettien,

kuva-arkistojärjestelmän (PACS) ja työasemien välillä.

Aikaisemmin pidettiin tarpeellisenä rakentaa sairaalan sisälle erillinen tietoliikenneverkko hallinnolliseen käyttöön ja kuvien siirtoon. Nykyään de facto -standardin aseman verkoissa saavuttanut ethernet-verkkotekniikka ja tcp/ip-protokolla ovat kehittyneet niin suorituskyvyltään kuin palveluiltaan riittävälle tasolle kuvasiirron kannalta. Fyysisesti erillisiin verkkoihin ei enää ole tarvetta. Haluttaessa voidaan kuvaverkko toiminnallisesti erkauttaa muusta verkosta omaksi virtuaaliverkokseen (Virtual LAN, VLAN). Lisäksi on tarjolla QoS-palveluita (quality of service), joilla voidaan taata tietty minimikaistanleveys kriittisille sovelluksille.

Tyypillinen työaseman ja modaliteetin liityntä ethernet-verkkoon on kapasiteetiltaan 100 Mbit/s, joka on useimmiten riittävä. Tarvittaessa voidaan verkkoliityntään kaistanleveyttä ja redundanssia kasvattaa ottamalla käyttöön kaksi tai useampia 100 Mbit/s -liityntöjä. Palvelimien kohdalla käytetään usein kahdennettuja 1 Gbit/s verkkoyhteyksiä, myös 100 Mbit/s-nopeusluokan liittymät riittävät vähemmän kuormitetuissa palvelimissa. Ethernet skaalautuu tulevaisuudessakin kasvavien tarpeiden mukaan; lähivuosina runkoyhteyksissä ja palvelinten verkkoliityntöissä otettaneen enenevässä määrin käyttöön 10 Gbit/s verkkotekniikkaa.

Jatkossa langattomat ethernet-verkot (Wireless LAN, WLAN) lisäävät suosiotaan erityisesti selaintekniikkaan perustuvan kuvanjakelun kohdalla. Järjestelmäintegraation lisääntyessä voidaan WLAN-liittymällä varustetusta työasemasta päästä esim. potilaskierron yhteydessä samalla kertaa käsiksi kaikkeen potilastietoon. Toistaiseksi WLAN:in teoreettinen maksimikaistanleveys on 11 Mbit/s, joka ei ole riittävä suoriin arkistojärjestelmäyhteyksiin ja kuvansiirtoon täydellä resoluutiolla (esim. sanelutyöasemat). Sen sijaan useimmat selainpohjaiset klinikkokuvanjakeluratkaisut käyttävät hyväkseen kuvakompressiota, jolloin siirrettävä datamäärä on murto-osa alkuperäisestä ja WLAN:in suorituskyky on riittävä.

Toiminnan varmentamiseksi on tärkeää kartoittaa kuvaverkon pullonkaulat ja kriittiset pisteet. Edellä kuvatun verkkoliityntöjen kahdentamisen lisäksi on huolehdittava redundanssista verkon aktiivilaitteiden ja runkoyhteyksien kohdalla. Palvelimien kahdennettu verkkoyhteys kannattaa hoitaa eri lähiverkkoyhtymien kautta. Lisäksi kytkimien runkoverkkoyhteydet on rakennettava vikasietoisesti. Sekä palvelinten että verkon aktiivilaitteiden sähkönsyöttö on varmennettava kytkemällä ne katkeamattomaan sähköverkkoon tai käytettävä erillisiä UPS-laitteita (Uninterruptible Power Supply). Jälkimmäisessä tapauksessa on myös huolehdittava UPS:n akustojen kunnan seurannasta; tyypillisesti UPS-akkuja on uusittava muutaman vuoden välein.

Yleisesti ottaen kuvaverkon suorituskyvyn pullonkaulat eivät ole verkon osuudessa. Verkkoa suuremman hitaustekijän muodostavat kuvadatan muunnokset, pakkaamiset ym. ohjelmalliset laskennat sekä datan haku/tallennus kiintolevyjärjestelmille niin kuvauslaitteilla, palvelimilla kuin työasemilla.

Tietoliikenneverkon lisäksi kuvansiirron- ja arkistoinnin sovellustasolla tilanne on ainakin perustoimintojen osalta varsin seesteinen. Dicom 3.0 on jo vuosikautia ollut ainoa varteenotettava vaihtoehto alan sovellustason standardiksi. Alkuaikojen valmistajakohtaiset ratkaisut ja niistä johtuneet epäyhteensopivuudet ovat suurelta osin väistyneet. Käytetyimmät Dicom-palvelut (storage, query/retrieve, basic print ja modality worklist) löytyvät useimista kuvantamislaitteista ja -ohjelmistoista jo vakiona ja ovat käyttöönoton helppoudessa lähes plug and play -tasoa. Hankinnan yhteydessä on kuitenkin syytä vielä erikseen varmistua, että halutut ominaisuudet todella sisältyvät hintaan. Lisäksi kannattaa varmistua joko testaamalla tai referenssien kautta, että laitteet/ohjelmistot todella istuvat omaan käyttöympäristöön.

## **Yhteenveto**

Digitaalinen kuvantaminen, modaliteettien verkottaminen, kuvien siirto ja arkistointi ovat saavuttaneet loppukäyttäjän kannalta riittävän kypsyystason. Detaljitason yhteensopivuuden selvittelystä ja testaamisesta voi ja pitää siirtyä tarkastelemaan digitaalisen kuvantamisen kokonaisuutta tuotantojärjestelmänä, joka pitää sisällään varsinaisten tuotantolaitteiden (modaliteetit, PACS, työasemat, kuvaverkko) lisäksi radiologian tuotannonohjausjärjestelmän (RIS).

## DIGITAALINEN KUVANTAMINEN

# Potilaan säteilyaltistuksen optimointi

**Markku Tapiovaara**  
**Säteilyturvakeskus**

Röntgentutkimuksen optimoinnilla voidaan tarkoittaa monia asioita. Säteilyn haittoja painottava henkilö voi määritellä sen tutkimuksen suorittamisena siten, että potilaan säteilyaltistus on mahdollisimman pieni, ja diagnoosin tekoa painottava henkilö siten, että saatavat kuvat ovat mahdollisimman korkeatasoisia. Äärimmilleen vietyinä molemmat näistä ovat huonoja vaihtoehtoja. Röntgenkuvan ensisijainen tarkoitus on antaa informaatiota potilaan terveydentilasta, eikä tätä tarkoitusta saa vaarantaa annoksen pienentämisen takia. Toisaalta on selvää, että on olemassa kuvanlaatu-taso, joka riittää: diagnoosin tarkkuus ei parane, vaikka kuvanlaatu nostettaisiin tältä tasolta. Kuvanlaatu-tason nostoon tarvittava potilaan lisäaltistus on silloin turhaa ja haitallista. Siksi on järkevintä määritellä optimaalinen röntgenkuva siten, että kuvasta saadaan tarvittava diagnostinen informaatio pienimmällä mahdollisella potilaan altistuksella. Tähän voidaan vaikuttaa laitteiston valinnalla, tutkimustekniikalla ja ennen kaikkea tarkastelemalla kuvia kriittisesti: arvioimalla voitaisiinko tyytyä nykyisiä hieman heikkolaatuisempiin kuviin, vai tarvittaisiinko kuviin nykyistä parempi taso.

Optimointia lähestytään tässä pääasiassa tekniseltä kannalta. Oleellinen tekijä tällöin on tietysti, että laitteet ovat teknisesti hyvässä kunnossa, mutta tärkeää on myös, että laitteen rakenne, teho ja säätömahdollisuudet sopivat suunniteltuihin tutkimuksiin. Myös oheisvarusteet voivat vaikuttaa annostasoon: esimerkiksi säteilykeilassa potilaan ja kuvareseptorin välissä olevien osien aiheuttaman säteilyvaimennuksen pitäisi olla mahdollisimman pieni. Optimointi alkaa jo laitteiden ja varusteiden hankinnasta.

Kuvanlaadun keskeiset peruselementit ovat kontrasti, kohina ja terävyys. Digitaalisessa kuvantamisessa näitä tekijöitä ei voida arvioida samalla tavalla erillisinä kuin filmiin ja vahvistuslevyihin (F/V) perustuvassa kuvauksessa, koska niistä kutakin voidaan kuvankäsittelyn keinoin helposti muuttaa paremmaksi – tosin näiden toisten tekijöiden kustannuksella. Yksinkertaistetusti voidaan kuitenkin sanoa, että kohina viime kädessä rajaa kuvanlaatu-ta. Kun kuvan kontrastia tai terävyyttä yritetään parantaa kuvaa käsittelemällä, tulee



myös kohina selvemmin näkyviin, eikä toivottua yksityiskohdan näkyvyyden parantamista välttämättä saada aikaan. Kohina puolestaan on selkeässä yhteydessä potilaan annokseen: hyvälaatuisen röntgenlaitteen tuottamat kuvat ovat kvanttikohinan rajoittamia ja kohinatasa kääntäen verrannollinen annoksen neliöjuureen. Kun annosta pienennetään, kasvatetaan samalla väistämättä kohinatasa.

Kontrasti, kohina, terävyys ja käytetty annos voidaan yhdistää suureeksi, joka ilmaisee kuvareseptorin hyvyyden. Tämä tärkeä suure on kvanttiefektiivisyys (DQE, Detective Quantum Efficiency) ja sitä käytetään nykyään mm. monien laitteiden teknisissä spesifikaatioissa ja markkinoinnissa. DQE ei ole vain yksi numero, vaan se esitetään paikkataajuuden funktiona, jolloin se kuvaa myös terävyyttä. DQE riippuu käytettävän säteilyn spektristä ja usein jonkun verran myös annoksesta. Se kertoo kuinka hyvin laite kykenee käyttämään säteilyn hyväkseen kuvanmuodostuksessa (täydellinen laite saavuttaisi 100 % arvon kaikilla paikkataajuuksilla). Jos DQE:n arvo kaksinkertaistuu aikaisemmasta arvostaan, voidaan potilaan annos puolittaa ja silti saavuttaa aiempi kuvanlaatu; jos taas annos pidetään samana, saavutetaan aiempaa parempi kuvanlaatu. Keskinopeiden vahvistuslevyjen ja kuvalevyjen DQE:n on usein raportoitu olevan keskenään samaa luokkaa, kun taas kuvanvahvistinten ja "flat-panel"-tyyppisten digitaalisten laitteiden DQE voi olla selvästi parempi, noin kaksinkertainen. Dramaattista annospienennystä ei siksi ole odotettavissa mistään tulevaisuuden kuvareseptori-innovaatioista; nykyisten F/V-systeemienkin DQE on melko hyvä (pienillä paikkataajuuksilla tyypillisesti 20–30 %).

Tarvittava kuvanlaatu riippuu tietysti tutkimuksesta ja niistä potilaassa olevista muutoksista, joiden näkymistä diagnoosin teossa tarvitaan. Pienten yksityiskohtien havaitsemiseksi tarvitaan hyvää kuvan terävyyttä. Terävyys on pääasiassa kuvareseptorin ominaisuus ja tutkimuksen aikana siihen voidaan lähinnä vaikuttaa vain fokusvalinnalla. Suuren fokuksen käyttö on perusteltua silloin, kun sen avulla voidaan lyhentää kuvausaikaa ja pienentää liikeepäterävyyttä.

Yksityiskohtien ja niiden ympäristön koostumusero vaikuttaa säteilykontrastiin. Luututkimuksissa on keskeistä saada riittävä kontrasti luun ja pehmytkudoksen välille, keuhkokuvausissa tarvitaan kontrastia pehmytkudoksen ja ilman välille ja varjoainetutkimuksissa varjoaine täytyy saada näkyviin. Kullekin näistä tilanteista on olemassa fotonenergia, jolla tiettyä annosta käytettäessä saadaan kontrastin ja kohinan suhde suurimmaksi mahdolliseksi, eli kohteen näkyminen parhaimmaksi. Tämä energia riippuu, paitsi yksityiskohdasta, myös potilaan paksuudesta ja jonkin verran muistakin teki-

jöistä. Fotonien energiaa saadaan säädettyä valitsemalla kuvaukseen sopiva putkijännite ja suodatus. Toinen (säteily)kontrastiin vaikuttava tekijä on kuvaan kohdistuva hajasäteily, jota voidaan vähentää hilan avulla.

Laitteen käyttäjä pystyy vaikuttamaan tutkimuksen annostasoon kuvausarvojen valinnalla. F/V-systeemeissä arvot joudutaan valitsemaan siten, että filmin mustuma on sopiva. Käytetty F/V-yhdistelmä määrää kiinteästi systeemin nopeuden, kohinan ja jyrkkyyden. Kuvauksen aikaiseksi optimointimahdollisuudeksi jää lähinnä putkijännitteen säätö, suodatuksen vaihtaminen ja joskus hilan poisto. Hilan käyttö kasvattaa potilaan annosta selvästi, mutta se on yleensä tarpeen lukuun ottamatta kaikkein ohuimpien kohteiden kuvauksia. Suodatuksen lisääminen ja jännitteen nosto pienentävät potilaan annosta, mutta heikentävät kontrastia erityisesti varjoaine- ja luukuvauksissa. Yleistoteamuksena voidaan sanoa, että F/V-kuvauksessa annosta voidaan pienentää, jos voidaan tyytyä heikompaan kontrastiin (hilan poisto, kovan säteilyn käyttö).

Digitaalisen röntgenkuvantamisen optimoinnissa pätee pitkälti sama periaate: annosta voidaan pienentää, jos tingitään kuvanlaadusta. Digitaaliset systeemit antavat kuitenkin mahdollisuuden myös toisenlaiseen kuvausarvojen optimointiin: käytettävä putkijännite, suodatus ja hila voidaan nyt valita siten, että pidettäessä potilaan annos samana kontrastin ja kohinan suhde on suurimmillaan. Kun tämä paras tekniikka on löytynyt, valitaan tarvittava kuvanlaatu (ts. kohina, rakeisuus) pelkkää annostaso (mAs-arvo) säätämällä. Valotusautomaattia käytettäessä tämä voidaan tehdä valotusautomaatin katkaisutason säädön avulla. Voidaan osoittaa että, päinvastoin kuin F/V-systeemeissä, annos voidaan useissa tapauksissa, esimerkiksi jodivarjoainekuvauksissa, pitää pienimpänä (kun määriteltyjen heikkojen yksityiskohtien havaittavuus pidetään muuttumattomana) käyttämällä tehokasta hilaa, matalaa jännitettä (jopa alle 60 kV) ja voimakasta suodatusta. Tämä johtuu siitä, että jännitteen pienentäminen tai hilan käyttöön otto parantaa jodivarjoaineen kontrastia niin paljon, että kuvaan voidaan hyväksyä aikaisempaa enemmän kohinaa. Jotta annossäästö (ja kohinatason nousu) saavutettaisiin, on välttämätöntä samalla pienentää kuvareseptorin annostaso. Mikäli kuvareseptorin annostaso ei muuteta, tapahtuu samoin kuin filmiä käytettäessä: kuvanlaatu paranee, kenties turhaan, ja annos kasvaa. Matalan jännitteen ja voimakkaan suodatuksen käyttö ei aina ole mahdollista, koska riittävän pienikohinaisen kuvan ottoon tarvittava kuvausaika kasvaa liian pitkäksi. Tällöin on käytettävä suurempaa jännitettä ja/tai pienempää suodatusta: huonoin mahdollinen yhdistelmä jodivarjoainekuvauksissa on käyttää suurta jännitettä ja voimakasta suodatusta samanaikaisesti. Keuhkokuvissa, missä tarkastellaan pehmyt-

kudoksen ja ilman välistä kontrastia, tilanne on toinen ja on hyödyllistä käyttää kovaa säteilyä (suuri jännite ja voimakas suodatus).

Digitaalisen kuvan erilaiset optimointimahdollisuudet johtuvat siitä, että digitaalisten kuvareseptorien toiminta-alue on paljon laajempi kuin filmin ja esitettävän kuvan jyrkkyys ja tummuus on jälkikäteen säädettävissä. Annostason muuttaminen ei vaikuta kuvan jyrkkyyteen tai terävyyteen, vaan ainoastaan kuvan kohinatasoon. Siksi annoksen ja kohinan säätö halutulle tasolle voidaan tehdä pelkän mAs-arvon tai valotusautomaatin tasovalinnan avulla. Jos kuvan kohina alkaa rajata heikkojen, mutta tärkeiden yksityiskohtien näkymistä, annosta on pienennetty liikaa. Tässä on kuitenkin tärkeää muistaa, että optimaalisessa röntgenkuvassa olevan kohinan on oltava selvästi näkyvää ainakin silloin, kun kuvaa tarkastellaan niin jyrkkänä kuin maksimissaan käytännössä tehdään. Jos kohinaa ei kunnolla näe, heikkojen kontrastien havaitsemisraja aiheutuu katsojan visuaalisen systeemin rajoituksista sen sijaan, että se olisi kuvan kohinan rajoittama. Kuvaan on tällöin tallennettu yksityiskohtia, joita kuvan tarkastelija ei näe, ja tästä on maksettu hinta potilaan tarpeettomana annoslisäyksenä. Siksi voidaan sanoa, että kun kohina ei ole selvästi näkyvää, säteilyn käyttöä ei ole optimoitu ja annos on säädetty tarpeettoman suureksi.

Röntgenkuvauksissa käytetyt kuvausarvot on valittu pitkän kokemuksen kautta. Digitaaliseen kuvaussysteemiin siirtyminen ei yleensä anna suurta tarvetta muuttaa kuvausjännitettä, suodatusta tai hilan käyttöä. F/V-systeemien rajalliset säätömahdollisuudet ja näiden säätöjen kopiointi digitaalisysteemeihin ovat kuitenkin varmasti aiheuttaneet sen, että joissakin kuvauksissa käytetään tarpeettoman hyvää kuvanlaatua – toisaalta joissakin tutkimuksissa saatettaisiin hyötyä vielä paremmasta. Näihin erilaisiin tilanteisiin voisi säätää erilaiset valotusautomaatin katkaisutasot, jotka poikkeavat toisistaan selvästi, vähintään tekijällä kaksi. Kun potilas on ohut, tutkimusta suoritettaessa voi olla lisäksi järkevää käyttää valotusautomaatin miinusvalintaa, koska silloin paremman säteilykontrastin takia kuvaan voidaan hyväksyä enemmän kohinaa kuin paksua potilasta kuvattaessa.

Filmikuvista digitaalikuviin siirryttäessä voi olla hyödyllistä ottaa sopivia testifantomikuvia molemmilla systeemeillä. Tärkeää on hyväksyä kohinan näkyminen ja keskittyä arvioimaan sitä, näkyvätkö halutut asiat kuvasta. Kuvien jatkuva arviointi on tärkeää myös laitteiden käytön aikana. Kun digitaalisiin kuviin totutaan, niin varmaan myös käytännössä opitaan, missä tilanteissa annosta voidaan pienentää. Valotusautomaatin miinusvalinnan käyttö on tässä sopivien arvojen etsinnässä hyödyllinen apuneuvo ja kannattaa käyttää hyväksi myös kuvaussysteemin annosindikaattorin lukemia (esim. S-,

IgM- ja EI-arvoja). Omista tutkimuksista mitattujen annosten vertaaminen muiden sairaaloiden annoksiin ja STUKin asettamiin vertailutasoihin on myös hyvä apuneuvo kuvaustekniikan arvioinnissa. On kuitenkin syytä muistaa, että vertailutaso ei ole suositusannos, vaan ennemminkin hälytysraja sille, että annos saattaa olla tarpeettoman suuri ja menetelmiä on syytä tarkastella.

Apuna tutkimukseen tarvittavan kuvanlaadun määrittelyssä voi käyttää EU:n julkaisemia röntgenkuvien laatukriteerejä, mutta tehtävä on silti vaikea. Visuaalisesti kuvanlaatu heikkenee vain hitaasti annoksen mukana ja laatua on vaikea arvioida toistettavasti. Kahdesta kuvasta alkaa huomata kohinatason muutoksen vasta, kun annos on muuttunut selvästi enemmän kuin tekijällä kaksi. Joka tapauksessa jonkun on annos- ja kuvanlaatutason valinta tehtävä. Mikäli radiologi ei tee tätä päätöstä, sen joutuu tekemään laitteen valmistaja tai asentaja.

## **Viitteet**

1. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. EUR 16260 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 1996.
2. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics. EUR 16261 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 1996.

## DIGITAALINEN KUVANTAMINEN

# Laadunvarmistusmenetelmät

**Kauno Kuusela**  
**HUS Lääkintäteknikka**

### Johdanto

Lääketieteellisten röntgenlaitteiden laadunvalvonnalla pyritään varmistamaan laitteiden toimintakunto ja ennaltaehkäisemään laitteiden vikaantuminen. Näin voidaan vähentää potilaiden ja henkilökunnan säteilyaltistusta ja pitää röntgentutkimusten tekninen laatutaso hyvänä [1]. Säteilylain (592/92) 40 §:n mukaan toiminnan harjoittajan (turvallisuusluvan haltijan) on järjestettävä lääketieteellisessä toiminnassa käytettäville säteilylaitteille ja niihin liittyville varusteille ja oheislaitteille toimintakunnon valvonta.

Nyt käytössä olevissa laitteissa laitteen käyttäjä ei näe lopullista kuvanlaatua käyttöliittymän monitorilla [2]. Kuva näkyy käyttöliittymän monitorilla sille varatulla alueella niin, että kaikki kuvamatriisin kuva-alkiot eivät näy kuvassa. Käytettäessä kuvan suurennostoimintaa saadaan kuva toistettua alkuperäisessä kuvamatriisissa. Kuvan katsominen alkuperäisessä kuvamatriisissa kuitenkin vie aikaa ja siten hidastuttaa kuvaustapahtumaa. Kuvauslaitteiden käyttöliittymien monitorit eivät käyttöohjeiden mukaan täytä kuvan diagnostiikan vaatimuksia [2]. Käyttäjän tulisi pystyä luottamaan laitteiston tuottamaan kuvaan ja näytöllä näkyvään kuvaan ja hyväksyä kuva laitteiston antamien kuvaustapahtumaan liittyvien jälkinäyttöjen avulla. Käyttäjän tehdessä säännöllisin väliajoin testikuvia käyttöön soveltuvasta testilevystä vakioituilla kuvausarvoilla ja kun tulos vastaa vertailukuvaa voi käyttäjä luottaa laitteiston tuottamaan kuvanlaatuun. Esim. digitaalisissa mammografialaitteissa potilaskuvauksia ei voi aloittaa ennen kuin päivittäiset laitteiston toimintatestit on suoritettu; testeissä on mukana kuvanlaadun testaus ja arviointi. Digitaalisen kuvan siirto ja arkistointi sekä kuvatyöasemien toiminnan arviointi tulee liittää laadunvarmistuksen piiriin.

Kuvantamisjärjestelmät vaativat vakioitun käyttöympäristön, sekä säännöllisen kalibroinnin [2]. Samoin kuin levykuvantamisessa suora digitaalisten järjestelmien dynamiikka on suuri ja siten ns. valotusvara on erittäin laaja; digitaalidetektorit pystyvät muodostamaan kuvan laajalla suhteellisella nopeudel-

la esim. 25–3 200 [3]. Järjestelmän dynamiikan tunnistaminen on yksi laadunvarmistuksen kohteista.

Digitaalisen kuvantamisen kuvan laadun seuranta aloitetaan uuden laitteiston käyttöneuvonnasta ja vastaanottotarkastuksesta [4] sekä jatkossa laitteen vaatimien kalibrointien ja laadunvarmistustoimenpiteiden mukaisesti. Kuvantamisjärjestelmissä olevat annosindikaattorit kertovat käyttäjälle lukuarvona, mitä annostasoa on käytetty kuvauksissa. Annosindikaattori (kuvausindeksi, S-arvo, LgM-arvo,) on luotettava, kun se on säännöllisesti kalibroitu.

## Laadunvarmistus

Digitaalisessa kuvantamisessa laitteiston osuus kuvanlaadussa on suurempi kuin perinteisessä filmi/vahvistuslevy-kuvauksissa, siten myös laitteiston laadunvarmistukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

## Monitorin katseluolosuhteet ja kuvanlaatu

Laitteiston toiminnan seuranta alkaa järjestelmän monitorin katseluolosuhteiden ja kuvanlaadun arvioinnilla. Järjestelmään tallennetuilla testikuvilla arvioidaan monitorin kuvanlaatua ja sitä verrataan vertailuarvoihin.

Monitorin kuvanlaadun arvioinnin kohteet ovat:

- käyttöympäristön valaistus (lux)
- heijastumat kuvapinnalla
- monitorin kuvan minimi/maksimikirkkauden tunnistus ( $\text{cd/m}^2$ )
- testikuva harmaaskaala
- testikuva erottelukyky
- testikuva kuvan geometrian tarkkailuun
- testikuva kuvan virheiden tarkkailuun
- testikuva värimonitorien tarkkailuun
- SMPTE testikuva [5].

Jos kuvantamisjärjestelmään ei ole tallennettu testikuvia, voidaan kuva tuottaa käyttäen apuna soveltuvaa testilevyä. Kuvattavan testilevyn tulee sisältää erilaisia kontrastitasoja, erottelukykytestilevyn, alueet kuvan homogeenisuuden määrittämiseksi, kuvan koon ja säteilykeilan keskityksen tarkistuksen [6].

Kuvan arvioinnin yhteydessä tulee tunnistaa kuvausarvojen jälkinäyttöjen sekä annosindikaattorien avulla röntgenlaitteiston toiminta. Monitorin toimin-

nan ja katseluolosuhteiden tuloksia verrataan lähtöarvoihin sekä raja-arvoihin.

## **Kuvauslaitteiston ja kuvareseptorin toiminta**

Ennen kuvauslaitteiston toiminnan arviointia on käyttöliittymän toiminta ja katseluolosuhteet arvioitava ja niiden tulee vastata käyttöpaikalle asetettuja lähtöarvoja.

Röntgenlaitteiston ja digitaalidetektorin toimintaa arvioidaan kuvaamalla testilevyä [6]. Testilevystä otetun kuvan avulla arvioidaan koko laitteiston toimintaa (röntgenputki/generaattori, automaattinen lisäsuodatus kaihtimessa, valotusautomaatti, kuvareseptori sekä hajasädehila).

Testilevy [6] kuvataan kiinteillä kuvausarvoilla tai valotusautomaattia käyttäen. Kuvaus suoritetaan kahdella eri suhteellisella nopeusvalinnalla esim. 200 ja 800. Suhteellisen nopeuden vaihdon avulla arvioidaan järjestelmän dynamiikkaa ja annoksen vaikutusta kuvan erottelukykyyn ja kohinaan.

Kuvanlaadun ja kuvissa ilmenevän kohinan arvioinnissa voi kuvantamisjärjestelmä sisältää toimintoja jotka määrittelevät ohjelmallisesti kuvanlaatua. Kuvauksen yhteydessä tunnistetaan röntgengeneraattorin mAs-arvon jälkinäyttö, mahdollinen annosindikaattorin näyttö sekä DAP-mittarin näyttämä. Tunnistettujen tietojen ja vertailuarvojen avulla voidaan varmistaa kuvauslaitteiston toiminta.

## **Kuvan tulostus/siirto**

Kvantamisjärjestelmään talletettuja testikuvia voidaan käyttää myös tulostuksen ja kuvansiirron toiminnan arviointiin. Kuvankatseluun käytettävien työasemien toiminnan arviointi tehdään samoin periaattein kuin kuvan tuottaman kuvantamisjärjestelmän käyttöliittymän monitorin laadunvarmistus. Kuva-arkistossa voi olla testikuvia ja vertailukuvia, ns. hyviä potilaskuvia päivittäiseen toiminnan tarkkailuun.

## **Yhteenveto**

Kvantamisjärjestelmän tuottaman kuvan arviointi tehdään jokaisen kuvauksen jälkeen. Kuvausarvojen ja jälkinäyttöjen seuranta antaa mahdollisuuden kuvanlaadun ja laitteiston toiminnan tarkkailuun. Tarkempi kuvanlaadun arviointi tulee tehdä säännöllisin väliajoin, kalibrointien yhteydessä sekä laitteen huollon ja ohjelmistopäivityksen jälkeen. Kuvanlaadun arvioinnin toteutumi-

nen vaatii yhteistyötä laitetoimittajan kanssa; kuvauslaitteistoon on saatava testilevyn kuvaukseen soveltuva kohdevalinta, jonka avulla tulee myös testatuksi kuvankäsittelyyn liittyvien ohjelmien toiminta.

Palaute työasemien kuvanlaadusta tulee olla säännöllistä, myös kommentit palautteeseen johtaneesta kuvasta pitää saada, vain siten voidaan kehittää kuvantamisprosessia. Testilevyjen valmistajat antavat kuvanlaadulle vertailuarvoja sekä hyväksyttävyyusrajoja [6].

Laadunvalvonnan hyödyllisyyttä, sisältöä ja määrää tulee seurata ja analysoida säännöllisesti. Tällöin voidaan välttyä tarpeettomilta mittauksilta ja kustannuksilta. Mittausten suoritusiheyttä ja sisältöä muutetaan tarvittaessa käytännön kokemusten perusteella [1].

## Viitteet

1. Lääketieteellisten röntgentutkimuslaitteiden ja röntgenfilmien kehityksen laadunvalvonta. Ohje ST 3.5. Säteilyturvakeskus (3.12.1991).
2. Siemens Multix FD/Vertex FD käyttöohje AXB4-210.620.01.01.02.
2. Philips, Digital Diagnost specifications (4512 158 10741/712 2001-09)
3. Trixell Pixium, [www.trixell.com](http://www.trixell.com)
4. STM:n asetus N:o 423/2009
5. SMPTE, (Society of Motion Picture and Television Engineers)  
<http://brighamrad.harvard.edu/research/topics/vispercep/tutorial.html7>
6. DIGRAD, Test Phantom for Digitale Radiography, Pehamed
6. Test Tool DIGI-13, For quality checks at X-ray units with digital image receptors systems Scanditronix Wellhöfer.



## MAMMOGRAFIAKUVAUSTEN LAADUNVARMISTUS

# Mammografialaitteiden toiminta ja kuvanlaatu Suomessa

Asko Miettinen  
Säteilyturvakeskus

### Yleistä

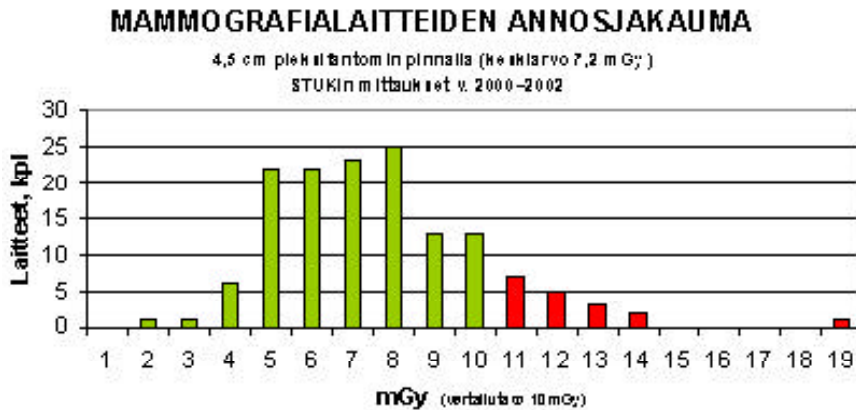
Säteilyturvakeskus tarkasti projektiluonteisesti mammografialaitteiden toimintakuntoa ja kuvanlaatua vuosina 2000–2002. Suomessa on noin 200 mammografialaitetta. Tässä selvityksessä oli mukana 144 laitetta, jotka edustavat kattavasti kahtatoista erilaista laitetyyppiä. Seulontakäytössä näistä oli 52 laitetta. Tarkastuksissa annettiin yhteensä 48 korjaussuosittelua tai -määräystä, minkä perusteella suurin osa puutteista on korjattu tai laite uusittu. Tutkituilla laitteilla tehtiin yhteensä noin 220 000 tutkimusta vuodessa.

Selvitys jaettiin kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa laitteille tehtiin tekniset mittaukset. Toisessa osassa laitteilla otettiin testikuva sellaisen testikappaleen avulla, joka pyrkii simuloimaan normaalissa kudoksessa esiintyviä kohteita (mm. pieniä yksityiskohtia ja kudosten tiheyseroja). Nämä testikuvat toimitettiin nimettöminä mammografiaan erikoistuneelle radiologille, joka antoi kuvista laatupisteet sekä kommentoi lisäksi mahdollisia muita poikkeavia löydöksiä.

Mukana arvioinnissa oli siis laitteen lisäksi kyseisen käyttöpaikan koko toiminta – mukaan lukien käyttäjän toimenpiteet, filminkehitys, kuvauskasetit ym. tarvikkeet.

### Potilasannokset

Keskimääräistä potilasta vastaavat pinta-annokset mitattiin testikappaleiden avulla (potilaan iholle tulevaa annosta vastaavasti). Annosten keskiarvo oli 7,2 mGy (4,5 cm testikappaleen pinnalla). Pienin mitattu annos oli 2 mGy ja suurin 18,3 mGy.



Kuva. Annosjakauma

STUKin ohjeessa annetun vertailutason (10 mGy) ylitti 20 laitetta, joista kaksi oli seulontakäytössä. Annosten vaihtelu ei johdu ainoastaan laitteista. Käytetty kuvausjännite ja käyttäjän tekemät valotusautomaatin valinnat vaikuttavat annoksiin, samoin käytössä olevat filmi-/vahvistuslevy-yhdistelmät ja kehitysprosessi.

## Laatupisteet

Radiologi antoi laatupisteet testikappaleen arviointikriteerien mukaisesti sekä otti kantaa, täytyivätkö testikuvan laatuvaatimukset.

Radiologi antoi vapaamuotoisia kommentteja 112 laitteesta (78 %). Kommentteista noin 55 % koski filmin kehitystä, 25 % laitetta ja 40 % filmiä tai vahvistuslevyjä. (Osassa nämä yhdistyvät, jolloin prosenttiluku on yli 100 %.)

Radiologin kannanoton mukaan 50 käyttöpaikan laatuvaatimukset eivät täyty (kolmasosa kaikista käyttöpaikoista). Näistä 53 % johtuu kehitysprosessista, 34 % laitteista ja 13 % tarvikkeista (kasetit, vahvistuslevyt).

On myös käyttöpaikkoja, joiden laatupisteet olivat riittävät, mutta niitä ei hyväksytty esimerkiksi liian pienen filmin mustuman tai kehitysvirheiden takia. Laatupisteisiin vaikutti myös filmi-/vahvistuslevyt (esim. eri valmistajien yhdistelmistä aiheutuu mittausten perusteella laatupisteiden alenemista).

## Tekniset mittaukset

Kuvausjännitteet olivat kaikilla laitteilla mittausten perusteella käytännöllisesti katsoen oikein. Mittaustarkkuuden rajoissa vain muutamilla laitteilla esiintyi yli viiden prosentin poikkeamaa eikä yhdelläkään laitteella ollut yli kymmenen prosentin virhettä.

Valotusautomaatin testauksen tarkoituksena oli mm. selvittää kuinka tasalaatuinen filmin mustuma laitteella saavutetaan eri paksuisia rintoja kuvattaessa. Valotusautomaatin antama filmin mustuma testattiin käyttäjän valintojen mukaisesti käyttäen 2 cm:n, 4,5 cm:n ja 6 cm:n paksuisia testikappaleita. Tässäkin vaikuttaa käyttäjän valinnat (lähinnä +/- -korjaukset) erityisesti niissä laitteissa, joissa ei ole "täysautomaatiikkaa" (täysautomaatiikalla myös kuvausjännite säätyy automaattisesti). Ohjeen ST 3.2 mukaisesti mustumien tulisi olla perusmustumaan verrattuna (siis 4,5 cm:n testikappaleella saatuun) enintään +/- 0,3 OD. Tämän rajan ylitti kuitenkin 51 laitetta eli 35 % laitekannasta. Suurin poikkeama oli 0,98 OD. Näistä laitteista 16 kpl oli sellaisia, joissa on "täysautomaatti". Kolmasosassa laitteista tarvittiin käytössä myös +/- -korjauksia, joten on ilmeistä, että valotusautomaatin säädöissä on parantamisen tarvetta.

## Filminkehitys

Puolet tapauksista, joissa laatuvaatimukset eivät täyttyneet, liittyi filmien kehitykseen. Kehiteliuokset voivat olla likaisia tai heikentyneitä (esim. tuoreustus puutteellinen) ja kehityskoneiden teloista voi tulla filmiin naarmuja tai painaumuksia.

## Yhteenveto ja johtopäätöksiä

Ainoastaan viidesosa käyttöpajoista selvisi ilman minkäänlaista radiologin huomautusta.

Suurin ongelma mammografiassa liittyi filmien kehitykseen. Seuraavaksi suurin liittyi laitteiden valotusautomaattien toimintaan. Potilasannosten vertailutasojen ylitykset (14 %) olivat tilastollisesti odotettavissa. Kuvauskaseteista ja vahvistuslevyistä johtuvia lika- ja pölyartefaktoja esiintyi runsaasti.

Selvityksessä ei ollut mukana yhtään digitaaliseen tekniikkaan perustuvaa laitetta. Niitä oli tutkimusaikana käytössä Suomessa vain muutamia lähinnä koeluonteisesti.

Niillä tarkastetuilla laitteilla, jotka eivät radiologin kannanoton mukaan täyttäneet kuvanlaatuvaatimuksia, tehtiin noin 36 % kaikista tutkimuksista (80 000 tutkimusta vuodessa – kokonaismäärän ollessa noin 220 000 tutkimusta/v).

Raportti kokonaisuudessaan on STUKin julkaisussa "The Dose and Image Quality in Mammography Practice in Finland", STUK-B-STO 52, joulukuu 2003, Miettinen A, Pirinen M. Raportti on myös STUKin sivuilla osoitteessa <http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-b/stuk-b-sto52.html>.

## MAMMOGRAFIAKUVAUSTEN LAADUNVARMISTUS

# Rintatutkimuskeskuksen toteuttama laadunvalvonta

Eija Järvinen, Irma Saarenmaa  
Pirkanmaan Syöpäyhdistys ry

### Rintatutkimuskeskuksen toiminta

Pirkanmaan Syöpäyhdistyksen Rintatutkimuskeskus aloitti oman toimintansa tammikuussa 1988. Jo sitä aikaisemmin, vuodesta 1986 lähtien, Pirkanmaan Syöpäyhdistyksen toimesta on tehty mammografiaan perustuvaa rintasyöpäseulontaa seulontavaunulla. Kuvien kehitys ja tulkinta jatkotutkimuksineen hoidettiin ostopalveluina. Rintatutkimuskeskus sai uudet toimitilat vuonna 2001. Käytössä on viisi tutkimushuonetta pukuhuoneineen, kuvantarkastus, kaksi radiologien huonetta, pimiö ja osastonhoitajan huone. Tutkimushuoneista kolme on mammografiahuoneita, yksi ultraäänihuone ja yksi luuntiheysmittaushuone. Odotusaula ja toimisto ovat yhteisiä poliklinikan kanssa. Tilat ovat kooltaan yhteensä noin 200 neliometriä. Lisäksi Rintatutkimuskeskuksella on liikkuva kuvausyksikkö.

Rintatutkimuskeskuksen toiminnan tarkoituksena on edistää rintasyövän varhaista toteamista. Rintatutkimuskeskus tarjoaa toimialueensa kunnille mammografiaan perustuvaa rintasyöpäseulontaa sekä klinisiä mammografioita ja niihin liittyviä lisätutkimuksia. Lisäksi klinisiä mammografioita tehdään yksityislääkäreiden läheteillä. Kaikki tarvittavat tuumoridiagnostiset tutkimukset pyritään tekemään saman tutkimuskäynnin yhteydessä. Potilaille kerrotaan tutkimustulokset joko samalla kertaa tai neulanäytevastausten valmistuttua. Tarvittaessa laaditaan leikkauslähete nopean hoitoon pääsyn varmistamiseksi.

Radiologian erikoislääkäreitä osastollamme on kaksi. Ylilääkärimme on tehnyt rintasyöpädiagnostiikan oikeellisuutta arvioivan väitöskirjan. Hänellä on työkokemusta mammografiatutkimuksista vuodesta 1986 ja päätoimisesti hän on työskennellyt osastollamme vuodesta 1989. Lisäksi hänellä on seulontamammografian erityispätevyys. Säteilyn käytöstä vastaavana johtajana toimivalla radiologian erikoislääkärillä on mammografiakokemusta vuodesta 1992. Päätoimisesti hän on työskennellyt osastollamme vuodesta 1999. Hänellä on

myös seulontamammografian erityispätevyys. Lisäksi tarvittaessa mammografiatutkimuksia tekevät myös talon ulkopuoliset radiologian erikoislääkärit, joilla on joko seulontamammografian erityispätevyys tai pitkäaikainen mammografiakokemus.

Osastonhoitajillamme on alaisenaan kuusi röntgenhoitajaa, joista neljällä on erikoisröntgenhoitajan koulutus, yhdellä röntgenhoitajan koulutus ja yhdellä AMK-tutkinto. Kaikilla röntgenhoitajillamme on pitkäaikainen työkokemus sekä kliinisistä että seulontamammografioista. Tarvittaessa olemme saaneet myös sijaisiksi mammografiatyöskentelykokemusta omaavia röntgenhoitajia. Tällä hetkellä osastoltamme on kaksi hoitajaa vuorotteluvapaalla, ja heillä on kokeneet sijaiset. Lisäksi käytössämme on kaksi ammattitaitoista toimistotyöntekijää. Röntgenhoitajille on määritelty omat vastuualueet ja laadunvarmistuksen vastuuhenkilönä toimii erikoisröntgenhoitaja, joka on ollut osastolla pitkään töissä. Päivittäisiä ja viikottaisia laadunvarmistustoimenpiteitä tekevät kaikki hoitajat, mutta vastuuhoitaja huolehtii vuosittain tehtävistä toimenpiteistä.

Jokainen osastomme työntekijä on kirjannut omat koulutuksensa omalle levykkeelleen. Luetteloon on kerätty tiedot pohjakoulutuksesta, ammatilliset koulutukset, kaikki säteilykoulutukset ja kaikki viimeisen viiden vuoden aikana saadut koulutukset. Sen avulla on helppo seurata myös ohje ST 1.7:n mukaista koulutusvelvoitetta.

Laitekantamme koostuu seulonta- ja kliinisiin mammografioihin tarkoitettua erikoiskuvauslaitteistosta. Lisäksi käytössämme on luuntiheysmittauslaitteisto. Säteilyturvakeskus suoritti pyynnöstämme kuvauslaitteistomme tarkastuksen syksyllä 2002 muuton yhteydessä. Kaikissa laitteissa on hyvä kuvalaatu ja alhainen säteily määrä kuvausta kohti. Seuraava määräaikaistarkastus tehdään myöhemmin Säteilyturvakeskuksen ilmoittamana ajankohdana. Laitteistoa uusitaan, jos laatu sitä edellyttää.

Asiakkaat tulevat kliiniseen mammografiaan ajanvarauksella. Kuvaus voidaan tarvittaessa tehdä samana päivänä tai viimeistään viikon sisällä. Röntgenhoitaja palpoo jokaisen kliiniseen mammografiaan ja seulonnan varmistustutkimukseen tulevan asiakkaan, sekä kirjaa palpaatio- ja inspektiolöydöksen potilastiedostoon. Asiakkaalta tiedustellaan oireet, tunteukset, HRT, sukuanemneesi, reumasairaudet ja aikaisemmat mammografiatutkimukset. Kuvauskäytännöt on ohjeistettu ja jokaiselle valitaan paras mahdollinen tutkimustapa yksilöllisesti. Vanhat kuvat pyritään saamaan vertailtaviksi.

Seulontamammografiaan nainen saa kutsukirjeen postitse. Röntgenhoitaja haastattelee ja inspektioi rinnat kuten kliinisessä mammografiassa. Palpaatio

tehdään vain, jos potilas ilmoittaa löytäneensä kyhmyn. Vastaus toimitetaan seulotulle naiselle viimeistään kahden viikon sisällä seulonnasta. Ohut- ja paksuneulanäytteiden vastaukset ovat käytettävissä viimeistään viiden työpäivän jälkeen näytteenotosta. Mikäli on todettu leikkaushoitoa vaativa muutos, radiologit voivat laatia leikkauslähetteen heti neulanäytevastauksen valmistuttua ja sitoutuvat kertomaan potilaalle diagnoosin ja antamaan hänelle riittävän neuvonnan erityisesti syöpätapauksissa. Syöpäpotilaiden neuvontaan on radiologeillamme erityiskoulutus pitkäaikaisen kokemuksen lisäksi. Leikkaukseen lähetettävillä potilaille annetaan kirjallinen ohje. Lisäksi potilailla on mahdollisuus käyttää muita Pirkanmaan Syöpäyhdistyksen syöpäpotilaille tarkoitettuja palveluita.

Osastollemme laadittiin laatukäsikirja, joka valmistui vuoden 2003 alussa. Sen työstämiseen osallistui koko henkilökunta ja aikaa kului kaiken kaikkiaan pari vuotta. Laatukäsikirjaan koottiin kaikki toimintaamme koskevat luvat, lait, asetukset, viranomaismääräykset ja toimintaohjeet. Osaston koko toiminta on kuvattuna laatukäsikirjassa.

Auditointia varten perustettu riippumaton yritys Qualisan Oy suoritti Rintatutkimuskeskuksen kliinisen auditoinnin 10.2.2003. Auditoidut totesivat toimintamme olevan laatukäsikirjassa kuvatun mukaista ja kaikilta osiltaan korkeatasoisen mammografiaseulontayksikön vaatimustason täyttävää. Tärkeäksi koettiin merkitä erilaisiin ohjeisiin ja käytäntöihin ohjeen antaja ja päiväys. Uusien ohjeiden tullessa vanhat poistetaan. Ohjeiden mukaan auditointi toistetaan viiden vuoden välein.

## **Tekninen laadunvarmistus**

Mammografialaitteita on osastollamme kolme kappaletta, ja lisäksi mammografiavaunulla on yksi laite. Jokaisella laitteella on oma kansionsa, johon on kerätty kunkin laitteen turvallisuuslupa, huolto- ja tarkastuspöytäkirjat, laadunvarmistusasiat ja yleensäkin kaikki mahdolliset paperit. Jokaisella laitteella on myös ns. vikavihko, joka löytyy koneen läheltä yhdessä käyttöohjeiden kanssa. Vihkoihin kirjataan vikakoodit ja muut koneen tempuilut. Päivämäärät ovat tärkeää informaatiota huoltomiehillekin.

Kuvauslaitteillamme on huoltosopimukset, joiden mukaisesti laitetoimittajat tekevät vaadittavat vuosittaiset huolto- ja mittaustoimenpiteet (ohje ST 3.2). Puristusvoiman mittaus kuuluu myös tähän. Laitetoimittaja toimittaa myös säteilyntuottotaulukot annosten laskemista varten.

Suurennuskuvausten fantomimittaukset on sovittu tehtäviksi puolivuositain. Stereotaksialaitteen fantomikuvat pyritään ottamaan kerran kuukaudes-

sa. Laitteessa on oma fantomi ja toimintatarkkuus tulee olla  $< 2$  mm. Mikäli heittoa tulee, sen havaitsee käytössä heti!

Viikottain yhdistyksellä otetaan testikuvat jokaisella koneella GIRS-fantomilla. Laitteen kansioon kirjataan mustuma, kontrasti, erotuskyky ja pienet yksityiskohdat. Kuvaa verrataan silmämääräisesti peruskuvaan. Tähän tarvitaan tietenkin myös kehityskoneen testifilmi. Seulontavaunulla otetaan fantomikuva jokaisen siirron jälkeen ja tätä kuvaa verrataan paikkakunnan edelliseen kuvaan, joka on otettu noin vuosi sitten. Vaunulla on käytössä Kodakin fantomi, jota käytetään kahden pleksin kanssa. Vaunulla ilmenevien sähköongelmien jälkeen pyritään ottamaan fantomikuva ennen töiden jatkamista.

Aamuisin ennen töiden aloittamista testataan jokaisesta kuvauskoneesta valotusautomaatin toiminta. Yhdistyksellä mittausta tehdään GIRS-fantomilla ottamalla kuva täysautomaattikalla keskikammioilla tietyille vanhalle kasetille, jonka sisällä on filmi. Filmiä ei kehitetä mutta mAs-arvo merkitään kansioon. Keräämme kaikkien koneiden lukemat samaan kansioon. Vaunulla testiin käytetään kolmea pleksiä. Puristus Planmedin koneissa on 1 kg ja Instrumentariumin koneessa puristus laitetaan 5 cm:iin.

Kehityskoneita on osastollamme kaksi, toinen päivänvalokone ja toinen pimiössä. Koneita pyritään käyttämään tasapuolisesti mutta päivänvalokonetta tulee käytettyä eniten, koska se on lähellä kahta kuvaushuonetta. Filmejä pitäisi kehittää vähintään 100 kpl päivässä viitenä päivänä viikossa, jolloin kemikaalit pysyisivät toimintakunnossa. Merkitsemme listaan kemikaalioiden tekopäivän, jolloin on helppo seurata tuoreustusta. Kehityskoneilla on huoltosopimukset, ja ne huolletaan 3 kk:n välein. Kehityskoneilla on myös vika-vihkot, joihin myös huollot merkitään.

Joka päivä aamupäivästä katsomme testifilmit molemmista kehityskoneista. Kehityskoneiden on "oltava rajoissa" ennen kuin edellisen päivän mammografiavaunulla otettuja seulontakuvia saa kehittää päivänvalokoneella. Osastollemme hankittiin uusi sensitometri ja densitometri syksyllä 2003. Samalla muutettiin referenssiarvoja. Sensitometrisen kontrasti-indeksin on oltava  $> 2,8$  OD. Kontrasti 1,40 ja nopeus 1,10–1,20. Röntgenfilmin pohjamustuma ja kehitysprosessin aiheuttama huntu filmillä saa olla yhteensä enintään 0,2 OD. Kehityskoneiden päällimmäiset telat pestään päivittäin. Kemikaalit vaihdetaan ja kehityskoneet pestään tarvittaessa.

Käytössämme on Kodakin Min-R2 -kasetit ja niissä 2190-vahvistuslevyt. Kasettien tarkastelu on jatkuvaa. Ne pyritään puhdistamaan säännöllisesti ja pesupäivä merkitään listaan. Kerran vuodessa kasettien filmi-vahvistuslevykontaktit tarkistetaan rasterikuvien avulla. Kasettien nopeudet mitataan keran vuodessa. Vialliset kasetit poistetaan käytöstä.

Pimiön valotiiviys tarkistetaan silmämääräisesti, kerran vuodessa se kirjataan. Muuton jälkeen uudessa pimiössämme oli hankaluuksia, joiden korjaaminen tuntui kovasti vaikealta. Lampunvaihdon yhteydessä tehdään pimiön suojavalotesti. Suojavalotesti tehdään pitämällä esivalotettua filmiä pimiössä noin 90 sekunnin ajan. Tänä aikana filmiä ”paljastetaan” osittain 30 sekunnin välein.

Hukkafilmanalyysi tehdään periaatteessa kerran vuodessa. Viimeksi se tehtiin viime vuoden marraskuussa, kun haluttiin selvittää filmikulutusta. Kuu-kauden ajan merkitään jokainen aloitettu filmipakka listaan. Hukkafilmit kerätään, ja niihin jokainen merkitsee nimikirjaimensa ja hylkäämisen syyn. Filmejä käytettiin 5 500 ja hukkafilmejä oli 17. Suurin osa oli sähkövikojen aiheuttamia kuvia vaunulla (8 kpl), seuraavaksi eniten asettelu-/rajausvirheitä stereossa ja spot-kuvissa (5 kpl), alivalotuksia (3 kpl) ja yksi ylivalotus. Hukkafilmprosentti oli 0,3. Eräällä paikkakunnalla vaunulla oli todellisia ongelmia sähköjen kanssa!

Valotaulut pestään tarvittaessa. Valotehosta huolehditaan vaihtamalla loisteputket tarpeen mukaan koko sarja kerralla. Lux-arvot mitataan kerran vuodessa.

Jokaisen röntgenlaitteen potilasannos määritellään laskennallisesti kerran vuodessa. Siihen tarvitaan laitteiden huollon yhteydessä määritellyt säteilynuotot. Esim. Alpha RT -laitteella 4,5 cm:n (28 kV) fantomilla mitattuna saadaan 4,4 mGy (vertailutaso 10 mGy).

Ultraäänilaitteen laadunvarmistus on lähinnä laitetta käyttävien radiologien vastuulla. Mitään erillisiä testejä emme tee. Hiljattain toisen anturin kuvassa ylälaitaan tuli pieni puutosalue. Korjauksessa todettiin parissa kiteessä vikaa. Maailmalla on olemassa erilaisia testausvälineitä myös ultraäänilaitteille.

## **Läketieteellinen laadunvarmistus**

Tehtyjen diagnoosien paikkansa pitävyyttä seurataan viikottaisissa paikallisen rintasyöpäryhmän kokouksissa sekä seulontakokouksissa Tampereen yliopistollisessa sairaalassa 2–3 kertaa vuodessa. Kokouksissa kaikkien leikkaukseen lähetettyjen potilaiden diagnostiset ja mahdolliset aikaisemmat kuvat ovat uusintatarkastelussa. Radiologisia, ONB- sekä PNB-löydöksiä verrataan lopulliseen histologiseen löydökseen. Paikalla ovat mammoradiologit, kirurgi, patologi ja onkologi sekä röntgenhoitajia.

Tiedot seulontatuloksista (kutsutut, seulotut, varmistustutkimukset, leikkaukseen lähetetyt, leikatut ja benignit/malignit kasvaimet) lähetetään



joukkotarkastusrekisteriin. Numeeriset tiedot lähetetään myös Suomen Radiologien Mammografiatyöryhmälle (Martti Pamilo).

Omia seulontatuloksia vertaillaan muiden suomalaisten seulontayksiköiden, ja kirjallisuuden avulla myös ulkomaalaisten seulontayksiköiden, tuloksiin. Lisäksi diagnostista laatua tarkkaillaan seuraamalla saatuja epikriisejä ja mahdollisella potilas- tai kolleegojen antamalla palautteella. Aulatilassa on palautelaatikko, johon voi jättää vapaamuotoisen kaavakkeen.

Diagnoosien tasoa seurataan myös tieteellisellä tutkimuksella. Tammikuussa 2003 alkoi "Rintasyöpädiagnostiikan osuvuustutkimus II" -niminen tutkimus, johon on saatu kaikki tarvittavat viranomaisluvut viideksi vuodeksi. Tutkimuksessa kerätään kliinisiä ja radiologisia tietoja kaikilta suostumuksensa antavilta potilailta, joilta on otettu ohut- ja/tai paksuneulanäyte rintamuutoksen solu- ja/tai kudostyyppin selvittämiseksi. Tutkimuksen avulla on mahdollista seurata diagnoosien paikkansa pitävyyttä erikseen mammografian, ultraäänitutkimuksen ja neulanäytteiden osalta erikokoisissa ja eri tiiviyksisissä rinnoissa. Pyritään selvittämään myös omatarkkailun ja hoitajan tekemän palpaation merkitystä rintasyöpädiagnostiikassa.

## RÖNTGENLAITTEIDEN LAADUNVALVONNAN JÄRJESTÄMINEN

### Toiminnan harjoittajan järjestämä laadunvalvonta

Heli Lepikonmäki  
Hatanpään sairaala

#### Johdanto

”Lääketieteellisten röntgenlaitteiden laadunvalvonnalla pyritään varmistamaan laitteiden toimintakunto ja ennaltaehkäisemään laitteiden vikaantuminen. Näin voidaan vähentää potilaiden ja henkilökunnan säteilyaltistusta ja pitää röntgentutkimusten tekninen laatutaso hyvänä” (ohje ST 3.5).

Oma kiinnostukseni laadunvalvontaan heräsi aikanaan, kun joku viisas tällaisessa seminaarissa sanoi: *”Jokaisen röntgenhoitajan on tiedettävä millaisilla laitteilla hän tekee töitä.”* Meillä oli osastolla siihen aikaan monenkirjavia laitteita, eri firmoilta eri vuosikymmeninä ostettuja. Toiset olivat uutena ostettuja, toiset vanhana; toisissa oli lisäsuodatuksen mahdollisuus; toisissa ei. Oli eri fokuskokoja, eri hilaitehyksiä jne. Oli todella aihetta tuntea työkalunsa!

#### Laadunvalvontaohjelma

Uudelle laitteelle tehdään vastaanottotarkastus (STUK) ja toimintakunnon testaukset (laitefirma) ja määritetään vakioisuusmittaukset. Potilasannosmittaukset on sisällytetty myös määrääjain tehtäviin mittauksiin. Lisäksi laitefirma tekee vuosittain seuraavat mittaukset:

- Säteilyntuotto
- Valotusautomaatti
- Kuvausjännite
- Säteilykeila
- Keskitys

Kaksi röntgenhoitajaa on vastuussa osastollamme tehtävästä laadunvalvonnasta ja potilasannosmittauksista. He tekevät annosmittauksia tarpeen mukaan eli siis jatkuvasti, sillä uusia laitteita on koko ajan tulossa ja siirtyminen digi- ja pacs-aikaan on tosiasia. Tutkimushuoneista vastuussa olevat henkilöt suorittavat vakioisuusmittaukset. Jos jotain poikkeavaa ilmenee, yhdessä

mietitään, mitä olisi tehtävä. Myös vakioisuusmittauksiin on tulossa digilaitteille tarkoitettut välineet, mutta niistä meillä ei vielä ole kokemusta. (Liite 2.)

Tutkimushuoneissa on omat *laadunvalvontakansionsa*, joissa ovat tutkimuslaitteiden tekniset tiedot, vakioisuusmittausten ohjeet ja pöytäkirjat, annosmittausten tulokset, tiedot käytettävissä olevista kaseteista ja sädesuojista sekä ohje ST 3.5. On myös erillinen *vikavihko*, johon voi merkitä havaitsemansa vian. Korjaaja merkitsee mikä oli vialla ja kuinka se korjattiin. Jokaisen tutkimushuoneen laitteiden käsittelystä on laadittu kansio, joka toimii *ohjekirjana* ja uusien hoitajien perehdytyskansiona.

## Vakioisuusmittaukset

Filmi-vahvistuslevy -järjestelmälle tehdään tällä hetkellä seuraavat vakioisuusmittaukset:

- kuvanlaatukuva
- vahvistuslevyjen nopeustesti
- vahvistuslevyjen tiiviys- eli rasteritesti
- pimiö, filmivarasto, kehitys
- sädesuojat
- kuvanlaadunseuranta
- annosmittaukset.

Kaikki vakioisuusmittaukset kirjataan ylös tutkimushuoneen omaan teknisen laadun kansioon, johon tulee myös tekijä ja aika. Testien tekijät selviävät liitteestä 1 "Vakioisuusmittaukset".

## Kuvanlaatukuva

Tutkimushuoneen jokaisella röntgenputkella otetaan fantomista kuva jokaiselle telineelle, joka on käytössä, sekä pienellä että isolla fokuksella. Kuva otetaan työtavalla, joka on yleisimmin käytössä telineellä (esim. bucky-pöydässä kasetti telineeseen, keskikammio, 70 kV jne.). Kuvan mustuman olisi hyvä olla alle kaksi yksikköä, että sitä on helpompi tarkastella.

Fantomiin on kiinnitetty:

- kaksi alumiinilevyä kontrastin määrittämiseksi
- viivaparilevy erotuskyvyn mittaamiseksi (asetettu viistoon, ei hilan suuntaisesti eikä hilaa vastaan)

- klemmarit kulmiin säteilykeilan tarkistamiseksi
- metallirengas mustuman mittaamiseksi

Fantomin ja kuvausarvojen asettelusta on tehty tarkka ohje, jotta kuva otettaisiin aina samalla tavalla (esim. anodi/katodin suhteen), samoilla kuvausarvoilla, samalla kasetilla ja samalla kehityskoneella:

- Mustuma mitataan renkaan sisältä.
- Kontrasti on: rengasmustuma miinus alumiinin päältä mitattu mustuma.
- Erotuskyky katsotaan viivapareista.
- Klemmarit kertovat ”heittävätkö Blendat”.

Tuloksia verrataan aiemmin määriteltyihin vertailuarvoihin. Esim. mustuman vertailuarvo määritellään ottamalla kuva neljä kertaa pienen ajan sisällä ja laskemalla neljän mustuma-arvon keskiarvo.

## Vahvistuslevyjen nopeustesti

Kasettien herkkyyden (nopeuden) säilyminen voidaan mitata. Kasetit kuvataan siten, että neljä saman herkkyyden omaavaa kasettia valotetaan kerrallaan. Yksi kasetista on aina tietty vertailukasetti ja jokaisella eri herkkyydellä on oma vertailukasettinsa.

Vahvistuslevyn tiettyyn kulmaan on laitettu kasetin numero ja numeroidut kulmat laitetaan vastakkain. Koko aluetta ei tarvitse valottaa, pienempi alue riittää. Myös filmit voi leikata pienempiin osiin.

Kehityksen jälkeen filmien mustumat mitataan densitometrillä ja verrataan vertailukasetin mustumaan. Ero saa olla korkeintaan 0,3 yksikköä. On myös huomioitava, että katodipuolen filmeistä tulee hiukan tummemmat; ero on kuitenkin vähemmän kuin 0,3. Jos on mahdollista, kasetit kannattaa joka mittauskerta laittaa samalle puolelle anodin/katodin suhteen, silloin voi helpommin huomata, jos vahvistuslevy on huonontunut.

## Vahvistuslevyjen tiiviys- eli rasteritesti

Vahvistuslevyjen tiiviiden selville saamiseksi jokainen kasetti kuvataan rasterilevyn kanssa. Rasteri asetetaan kasetin päälle ja valotetaan. Jos kuvassa näkyy epätarkkoja alueita, niiltä kohdilta kasetti ei ole tarpeeksi tiivis, myös erilaiset painaumet voivat näkyä kuvassa. Vahvistuslevyt tarkastetaan myös silmämääräisesti. Kasettien pehmusteet, lukot ja nimeilyluukut tutkitaan.

## Pimiö, filmivarasto, kehitys

Pimiön suojalojen kaihdinten on oltava ehjiä ja filmien säilytyslaatikoiden tiiviitä, etteivät filmit pääse hunnuttumaan filmin käsittelyaikana. Hunnuttumista voidaan mitata ”kolikko”-testillä seuraavasti:

- Filmiä esivalotetaan ensin vähän. Sitten pidetään filmi, jonka päällä on euron kolikko, pimiön pöydällä noin kaksi minuuttia ja kehitetään. Nyt mitataan mustumat kolikon kohdalta ja taustasta, ero saa olla korkeintaan 0,05 yksikköä.
- Kehittäjä seuraa filmien kiertoa varastossa hunnuttumisen estämiseksi. Filmit säilytetään pystyasennossa, ja varastossa on sekä lämpö- (alle + 22 C °) että kosteusmittari (40–60 %).
- Kehitysprosessia seurataan kehittämällä sensitometrillä valotettu filmi jokaisessa osastolla olevassa kehityskoneessa. Filmistä seurataan huntua, kontrastia ja nopeutta. Tietokoneohjelma lukee filmin, tekee käyrät ja vertaa niitä aiemmin tehtyihin vertailuarvoihin. Ohjelma huomauttaa, jos joku arvo ei ole sallittujen arvojen sisällä.

## Sädesuojat

Luettelo sädesuojista ja niiden sisältämän lyijyn vahvuudesta on tutkimus-huoneen omassa kansiossa. Suojat tarkastetaan vuosittain silmämääräisesti ja läpivalaisemalla, ettei niissä olisi reikiä tai repeämiä.

## Kuvanlaadun seuranta

Hukkafilmi ja -eksponointi analyysinä on tehty viime vuosina mm. lasten luututkimuksista (3,2 %), seulonta (1,5 %) ja kliinisistä (2,1 %) mammografioista, keuhkokuvista (3,5 %) ja yksi tutkimus hukkafilmeistä taloudelliselta kannalta. Taloudellinen tutkimus herätti meidät huomaamaan, kuinka suuria rahaa osastomme kolmessa pisteessä menee hukkafilmeihin. Tätä ongelmaa ei tietenkään ole enää Ris:iin ja Pacs:iin siirryttäessä. Kaikissa analyyseissa hukkafilmiä prosentit olivat alle 5 %.

Tällä hetkellä on meneillään ”kuvanlaadun seuranta” -kysely lanneranka-tutkimuksesta saadaksemme palautetta lääkäreiltä rajauksesta, projektioista ja kuvien rakeisuudesta suhteessa potilasannoksiin ja diagnoosin tekoon. Sivutuotteena voimme mitata myös potilaan röntgenosastolla oloajan.

## Annosmittaukset

Kun saimme siirrettävän annosmittarin (DAP-mittari), olimme ikionnellisia! Mittari asennetaan ”blendakopan” kiskoihin ja johdot yhdistävät sen säätöhuoneen puolella olevaan annosnäyttöön. Mittari on asennettava ja kiinnitettävä huolellisesti, ettei se pääse irtoamaan tai johdot katkeamaan putkea käännettäessä. Mittari näyttää jokaisen kuvan annoksen erikseen tai kerää sitä, kunnes keräily katkaistaan.

Sädealtistusta laskiessamme keräämme valitusta tutkimuksesta noin 20 potilaan otoksen, joista otamme muistiin sukupuolen, painon, annoksen (DAP-arvon) ja mAs:n. Laskemme 55–85 kg:n painoisilta potilailta DAP-arvon keskiarvon ja vaihteluvälin samoin mAs:sta keskiarvon ja vaihteluvälin (Liite 3). Käsiarvoilla kuvattavan tutkimuksen DAP-arvo on aina sama, jos ”blendat” ovat samankokoiset, joten sädealtistuksen laskemiseksi ei tarvitse sädettää potilasta.

Teemme kaikki mittauksemme DAP-arvoina, koska se on helpompaa ja nopeampaa! STUK on julkaissut jonkin verran vertailuarvoja myös DAP-arvoina. Joskus, noin kerran kolmessa vuodessa voimme laskea ESD-annokset joistain yleisimmistä tutkimuksista. Osastollamme on kuitenkin melkoinen työtahti ja potilasmäärä on suuri, lisäksi teemme työmme suurimmaksi osaksi oman työn ohella. Pääasia kuitenkin on se, että potilasannokset saadaan mahdollisimman pieniksi diagnoosinteon siitä kärsimättä.

Pinta-annos ESD saadaan jakamalla pinta-ala-annos DAP potilaan iholle tulevan säteilykeilan pinta-alalla ja kertomalla se takaisinsirontakertoimella. ESD saadaan myös laskemalla se säteilyntuoton avulla.

Melkein kaikissa tutkimushuoneissa olemme mitanneet siirrettävällä DAP-mittarilla eri tutkimusten säderasitukset ainakin kertaalleen ennen digiä. Olemme kuitenkin siirtymässä, aluksi hitaasti, nyt ryminällä, digitaalilaitteisiin ja filmittömään aikaan.

Ensimmäinen digilaitte meillä on ollut läpivalaisulaite, jossa on pulsoiva lpv ja lpv-kuvan muisti sekä ensimmäinen laitteeseen liitetty laskennallinen DAP-mittari! Tässä laitetypissä mittari ei tosin huomioi lisäsuodatusta, joten potilasannokset on aina kerrottava tietyllä kertoimella. Annokset ovat varmasti laskeneet, koska on käytetty pulsoivaa lpv:tä ja lpv- kuvan muistia, vaikka vertailua aikaisempaan ei voikaan tehdä. Paitsi, kun urografiattutkimukset siirtyivät tähän huoneeseen, tuli kiusaus seurata varjoaineen kulkua lpv:llä, joka lähes aina oli tarpeetonta – Annokset kasvoivat!

Toinen digi on keuhkokuvausautomaatti, jonka kuvailmaisoin on seleenirumpu. Laitteella kuvataan myös rangat ja olkapäät. Annokset eivät suinkaan

heti laskeneet, vaan täytyi tehdä töitä, että annokset saatiin laskemaan. Nostettiin herkkyystasoa ja säädettiin plussia ja miinuksia. Vähän väliä mitattiin annoksia olivatko ne laskeneet. Mukavaa laitteessa on se, että kuvat jäävät koneen muistiin noin 10 päiväksi, joten annoskeräilyn saattaa tehdä yhdellä istumalla.

Tässä vaiheessa alkoi tapahtua oppimista ja asennemuutosta meissä itsessämme – aloimme hiukan ymmärtää digilaitteen sielunelämää. Nyt ei siis arvoja nostamalla eikä plussia lisäämällä saatukaan tummempaa kuvaa, vaan lisää annosta potilaalle.

Kolmas digilaitte onkin sitten litteällä detektorilla varustettu luukuvauslaite. Laite on ollut käytössä vasta muutaman kuukauden, mutta näyttää siltä, että annokset ovat pudonneet huimasti! Ensin valtasi pieni epäily, mutta olihan se uskottava, kun mAs-arvotkin laskivat.

Yksi kuvaushuone toimii vielä perinteisellä filmi-vahvistuslevy -systeemillä, johon on tämän kevään kuluessa tulossa kuvalevyjärjestelmä. Taas siis erilainen systeemi opeteltavaksi, kuinkahan potilasannokset nyt käyttäytyvät!?

Kaupin sairaalan kuvantaminen on nyt vuoden remontissa ja ensi syksynä sielläkin on uudet digilaitteet. Rintaklinikka siirtynee digiaikaan v. 2005.

Huvittavinta ja ärsyttävintä, mittaaajan kannalta, näissä annosmittauksissa on se, että meillä on käytössä kolmenlaisia yksiköitä DAP-mittareissamme:  $mGycm^2$ ,  $dGycm^2$  ja  $\mu Gycm^2$  – ettei elämä tulisi liian yksitoikkoiseksi!

## Liite 1

### Vakioisuusmittaukset

Hatanpään sairaala/Kuvantaminen

Tarkkailukohde	Tekijä	Ominaisuus	Menetelmä/ välineet
Viikottain			
Kehitysprosessi	Keh.	huntu, nopeus, kontrasti	testifilmi/ sensitometri, densitometri
	Keh.	lämpötila	lämpömittari
Kuukausittain			
Laserfilmin tulostus (kalibrointikuva)	Kuv.	harmaskaala	testifilmi/ densitometri
Digilaitteen kalibrointi	Kuv.		
Puolivuositain			
Kuvanlaatu (kuvanlaatu kuva)	HV	kontrasti, erotuskyky, mustuma	testikuva/ fantomi densitometri
Säteilykeila ja valoimerkit	HV	keskitys, yhtenevyys	testifilmi/ keskisädemittari, kuperilevy
Vuositain			
Kuvausarvot	HF	säteilytuotto	säteilymittari, testifilmi
		kuvausjännite	jännitemittari
Valotusautomaaatti	HF	säteilytuotto	säteilymittari, testikuva
Kehityshuone	Keh.	huntu/ valotäryys	silmänääräisesti, "kolikko testi"
Filmivarasto	Keh.	kosteus lämpötila filmit	kosteusmittari lämpömittari varastointiaika
Kasetit	HV	ulkoisen kunto täryys	silmänääräisesti
Vahvistuslevyt	HV	kosketus, puhtaus, nopeus	testikuva "rasten" silmänääräisesti nopeustesti
Säteilysuojat	HV	kunto	silmänääräisesti/ läpivalaisu
Valokappit	LH	tasaisuus valoteho	mittaus/ silmänääräisesti
Mittaukset tehdään määrävällein ja tarvittaessa. (Keh = kehittäjä, Kuv = kuvaaja, HV = huonevastaava, HF = huoltofirma, LH = laitshuolto)			



## Liite 2

### Laadunvarmistusvälineet

Hatanpään sairaala/Kuvantaminen

Olemme siirtymässä perinteisestä kuvauksesta digitaalikuvaukseen ja filmittömään osastoon tämän kevään aikana. Laadunvarmistusvälineet digitaalikuvauksia varten on tilattu.

Perinteisille laitteille	Digi-kuvauslaitteille (filmittöm)
Fantomi/potilasvaste, johon kiinnitetty viivaparit, eri vahvuiset alumiinit jne. Laitetaan tutkimuspöydälle.	Fantomilevy, missä viivaparit, eri vahvuiset alumiinit jne. Laitetaan detektorin päälle  Absorbtio suodin/potilasvaste, alumiinia Laitetaan kiskoilla "blendakoppaan"  Kuparilevy, korkealle kV:lle. Kiinnitetään edelliseen fantomiin.
Rasterilevy	Rasterilevy (kuvalevyille)
Densitometri	Valoisuusmittari, jonka toisella detektorilla mitataan ympäristön valoisuutta (LUX) ja toisella monitorien valon voimakkuutta (Cd/m <sup>2</sup> )
Luuppi	
Keskisädemittari	Keskisädemittari
Sensitometri	
Kahden euron kolikko	
Lämpömittari	

## Liite 3

### Esimerkki potilasannosmäärityksestä thx-tutkimuksessa

13.1.2004, Huone 4, H/is thx H4 130104

#### THX

- Pa 141 kV, herkkyys 400
- Ss 141 kV, herkkyys 400
- Etäisyys 200 cm
- Suodatus 3 mmAl + 0,2 mmCu
- Kuvaus seisten
- 20 kpl
- 10 kpl naista, 10 kpl miestä

Keskimääräinen DAP-arvo *koko tutkimuksessa*  $15,63 \mu\text{Gym}^2 = 1,56 \text{dGycm}^2$   
Vaihteluväli 4,6–41,6  $\mu\text{Gym}^2$

Keskimääräinen DAP-arvo *pa-projektiossa*  $3,45 \mu\text{Gym}^2 = 0,35 \text{dGycm}^2$   
Vaihteluväli 1,4–10,2  $\mu\text{Gym}^2$

Keskimääräinen mAs 1,51 mAs  
Vaihteluväli 0,55–4,08 mAs

Keskimääräinen DAP-arvo *ss-projektiossa*  $12,17 \mu\text{Gym}^2 = 1,22 \text{dGycm}^2$   
Vaihteluväli 3,0–31,4  $\mu\text{Gym}^2$

Keskimääräinen mAs 5,5 mAs  
Vaihteluväli 0,96–14,2 mAs

# RÖNTGENLAITTEIDEN LAADUNVALVONNAN JÄRJESTÄMINEN

## Tekninen laadunvalvonta

**Pertti Pusa**  
**Oriola Oy Medion**

Tekniseen laadunvalvontaan liittyy seuraavat kysymykset:

- Mitä on tekninen laadunvalvonta?
- Miksi tehdään?
- Kuka tekee?
- Kuinka tehdään?
- Milloin tehdään?

Kaiken perustana on laitteiden laadukas asennus, käyttöönotto ja huolto. Teknisellä laadunvalvonnalla varmistetaan näiden töiden laatu. Teknisellä laadunvalvonnalla siten:

- Varmistetaan, että laitteet ovat voimassa olevien vaatimusten ja säädösten mukaisia ja
- turvallisia käyttäjälle ja potilaalle.
- Varmistetaan, että potilaan säteilyrasitus on minimaalinen riittävällä kuvanlaadulla.

Parhaan tuloksen teknisessä laadunvarmistuksessa takaa huolellisuus ja juuri tiettyyn järjestelmään koulutettu huoltomies.

Seuraavassa esitetään luettelomaisesti laadunvalvontaan kuuluvia toimenpiteitä.

### 1. Vakioisuusmittauksen perusasiat

- Röntgenlaitteiston suoritusarvot kV, mAs, kuvausaika ja annos ko. asetusravolla.  
Tulostus: asetusrarvo ja mittaustulos sekä poikkeama.
- Generaattorin/Röntgenputken säteilyntuoton toistettavuus, viiden kuvan keskiarvo.  
Tulostus: keskiarvo mAs:sta ja annoksesta sekä poikkeamat.
- Perussuodatuksen tarkastus ja mittaus.

- Tulostus: mmAl ja HVL mmAl.
- Pinta-ala-annosmittauksen tarkastus kV:n ja suodatuksen funktiona.  
Tulostus: mittaustulos sekä poikkeama.
2. Valotusautomaatin vakioisuusmittaukset
- Kammioiden toiminta: järjestys/tasaisuus.  
Tulostus: mAs-arvot ja poikkeamat.
  - Valotusautomaatin toistettavuus, viiden kuvan keskiarvo.  
Tulostus: keskiarvot mAs:sta ja annoksesta sekä poikkeamat.
  - kV-kompensointi mustuma-/Lg- tai S-arvo vesifanttomilla 15–20 cm tai vastaava pleksifanttomi.  
Tulostus: mustuma-/Lg- /S-arvo ja suurin poikkeama.
  - Potilasannosmittaukset: Thorax/Lanneranka.
3. Lisäksi mitataan
- mAs-lineaarisuus esim. 80 kV:lla 1–200 mAs.  
Tulostus: annos/mAs.
  - Säteilytuottomittaus: annos/mAs kV:n funktiona 0-lisäsuodatuksella.  
Tulostus: annos/mAs.
  - Säteilyntuoton mittaus kaikilla lisäsuodatusarvoilla kV:n funktiona.  
Tulostus: säteilyntuotto kV:n funktiona.
  - Valokeilan ja sädekentän yhtenevyys.  
Tulostus: rasterikuva filmille/kuvalevyille.
  - Keskitysten tarkastus.  
Tulostus: testikuva filmille/kuvalevyille.
4. Mekaniikka
- Turvallisuuden tarkastus.
  - Liikkeiden ja jarrujen toiminta.
  - Seurannan toiminta.
  - Suojalaitteiden toiminta.
  - Vaijerit ja kiinnitykset.
  - Laakerit ja lukitukset.
  - Kasettilautaset, manuaaliset tai moottoroidut.
  - Tomografiatason tarkastus.
  - Hilan liike.
  - Puristusvoiman tarkastus.

#### 5. Miten mitataan

- Suoritusarvot pääsääntöisesti 1 m:n etäisyydellä fokuksesta.
- Valotusautomaatti käytetyllä filmi/fokusetäisyydellä tai hilan fokusointi-etäisyydellä.
- Annosmittauksissa anturin sijainti mittarin tai pöytälevyn päällä, paitsi pinta-ala-annosmittauksessa pääsääntöisesti ilmassa.
- KV/TV-mittauksissa kuvanvahvistimen tai ilmaisimen hilan takana jos mahdollista.
- Toisinaan hilan päällä tai tukipinnalla, tällöin tiedettävä muuntosuhde.

#### 6. Milloin tehdään

- Uuden laitteen asennuksen jälkeen ennen käyttöönottoa.
- Siirtoasennuksen tai jonkin yksikön uusinnan jälkeen.
- Kausihuollon jälkeen vähintään kerran vuodessa.
- Osittain röntgenputken tai suoritusarvoihin oleellisesti vaikuttavan komponentin uusinnan jälkeen.

#### 7. Mittalaitteet

- Epäsuorat tai suorat multimittalaitteet (mAs, kuvausaika, annos, Gx).
- mAs-mittari.
- Testilevyt ja fantomit (rasterilevyt, väliaineet kuten Al/Cu-levyt vesifanttomit ja pleksifanttomit).
- Oskilloskooppi (jännitemuoto, virtamuoto ja TV-signaalit).
- Densitometri (filmin mustuma).
- Valomittari (monitorit, valotaulut).

#### 8. KV/TV-ketju tai FLAT detector -läpivalaisu

- Erottelukyvyyn mittaus kaikilla suurennoksilla, myös muistikuvasta.
- Kontrastierottelumittaus.
- Annosnopeuden mittaus kaikilla suurennus- ja läpivalaisutekniikkavalinnoilla.
- Kameraputken leikkaustasojen mittaus normaali/BEBO.
- Kuvan keskitykset/lineaarisuus ja koko.
- Koko ketjun kontrastitoiston mittaus monitorilta.
- Maksimi-ihoannoksen mittaus kaikilla läpivalaisutekniikoilla.

#### 9. KV/TV-ketju tai FLAT detector digitaalikuvauksessa

- Erottelukyvyyn mittaus kaikilla suurennoksilla ja kuvamatriiseilla.
- Kuvausannoksen mittaus: annos/kuva käytetyillä kuvaustekniikoilla.

- Koko ketjun kontrastitoiston mittaus monitorilta.
- Subtraktiokuvan tarkastus.

10. Kuvanvahvistimen vakioisuusmittaukset

- Erotuskyvyn mittaus kaikilla suurennoksilla.
- Valontuoton mittaus.
- Kontrastisuhteen mittaus.
- Kuvan koko kaikilla suurennoksilla.

## KLIININEN AUDITOINTI

# Auditointien toimeenpano Suomessa ja EU:n jäsenmaissa – mitä yhteistä?

Hannu Järvinen  
Säteilyturvakeskus

### Johdanto

Ionisoivan säteilyn lääketieteellisen käytön toiminnan harjoittajia koskeva kliinisen auditoinnin vaatimus on asetettu Euroopan Yhteisöjen direktiivissä (97/43 Euratom, nk. MED-direktiivi). EU:n jäsenmaat ovat velvolliset kansallisella lainsäädännöllään toimeenpanemaan direktiivin vaatimukset. Suomessa kliinisen auditoinnin velvoite on säädetty säteilylaissa (1142/1998, 39c §), ja auditoinnin sisältö sekä auditoinnissa sovellettava kansallinen menettely on kuvattu STM:n asetuksessa (423/2000, 4. luku). STM:n asetuksessa on lueteltu kymmenen kohtaa, joihin kliinisissä auditoinneissa muun muassa tulee kiinnittää huomioita. Säteilyturvakeskus valvoo Suomessa kliinisen auditoinnin toimeenpanoa säännösten mukaisesti ja antaa tarvittaessa tarkempia, lain ja asetusten vaatimusten toimeenpanoon liittyviä ohjeita (ST-ohjeet). Kliinisestä auditoinnista ei ole toistaiseksi annettu ST-ohjetta.

MED-direktiiviin ja Suomen säteilylakiin kirjatun määritelmän mukaan kliinisellä auditoinnilla tarkoitetaan säteilyn lääketieteellisen käytön suunnitelmallista arviointia, jossa

1. selvitetään noudatettuja tutkimus- ja hoitokäytäntöjä, säteilyaltistuksia sekä tutkimus- ja hoitotuloksia,
2. vertaillaan niitä hyväksi todettuihin käytäntöihin, sekä
3. esitetään tarpeelliseksi arvioituja toimenpiteitä käytäntöjen kehittämiseksi ja perusteettoman säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi.

MED-direktiivissä säädetään, että kliiniset auditoinnit on jäsenvaltioissa toimeenpantava ”kansallisten menettelyjen mukaisesti”. Direktiivi antaa jäsenvaltioille täten suuren tulkintavapauden siihen, mitä kliinisen auditoinnin määritelmä käytännössä tarkoittaa ja kuinka auditoinnit toimeenpannaan. EU:n jäsenvaltioiden on pitänyt sisällyttää kliinisen auditoinnin vaatimus lainsäädäntöönsä ja niiden pitäisi parhaillaan käynnistää kansallisia

järjestelmiään kliinisen auditoinnin käytännön toimeenpanoon. Suomessa on tarkoitusta varten syntynyt useiden ammattijärjestöjen ja alan organisaatioiden yhdessä perustama auditointiorganisaatio (Qualisan Oy), joka on kouluttanut suuren määrän asiantuntijoita ja suorittaa kliinisiä auditointeja toiminnanharjoittajien tilauksista.

Kansainvälisen kokemustenvaihdon edistämiseksi ja palautteen saamiseksi Sosiaali- ja terveysministeriö, STUK ja Qualisan Oy, yhteistyössä joidenkin alan ammattijärjestöjen kanssa ja Euroopan Komission tuella, järjestivät kliinisten auditointien toimeenpanoa koskevan kansainvälisen symposiumin 24.–27.5.2003 Tampereella. Symposiumissa pyrittiin paitsi kartoittamaan tilanne kliinisten auditointien toimeenpanossa EU:n jäsenmaissa, myös kokoamaan tietoa auditointien toimeenpanoon liittyneistä ongelmista, auditointikriteereistä ja käytännön järjestelyistä. Lisäksi tavoitteena oli selvittää tarve ja mahdollisuudet auditointimenetelmien ja kriteerien yhdenmukaistamiseen, auditointien toimeenpanoa edistävien ohjeiden valmisteluun ja muista terveydenhuollon auditointi- ja arviointiohjelmista saatavan tiedon hyödyntämiseen.

Seuraavassa vertaillaan kliinisten auditointien toimeenpanoa Suomessa symposiumissa tehtyihin johtopäätöksiin sekä symposiumin tuloksena saatuihin tietoihin kliinisten auditointien toimeenpanosta muissa EU:n jäsenmaista.

## Toimeenpanon pääongelmat

Symposiumissa kävi ilmi, etteivät kliinisen auditoinnin käsite, merkitys ja sisältö, eikä myöskään käytännön toimeenpanomalli ole lainkaan vakiintuneita eivätkä yhtenäisiä EU:n jäsenmaissa. Useissa jäsenmaissa käytännön toimeenpano näyttää olevan ”alkutekijöissään”. Suunnitelmia on laadittu, mutta käytännön toteutus kangertelee selkeiden ohjeiden, toimintamallien ja rahoitus pohjan puuttuessa.

Pääongelmaksi on osoittautunut, että

- kliinisestä auditoinnin käsitettä, toiminnan sisältöä ja toiminnan hyötyä ei ole ymmärretty yhtenäisellä tavalla
- toiminnan harjoittajien henkilöresurssit (henkilökunta ja työaika) kliiniseen auditointiin valmistautumiseen ovat puutteelliset, erityisesti auditoinnin edellyttämien toimintaohjeiden laadintaan ja käytäntöjen dokumentointiin
- EU:n vahvistamat hyvän käytännön kriteerit joko puuttuvat tai niitä ei tunneta
- toiminnan rahoittamiseen ei kaikkialla ole löydetty ratkaisua
- koulutettuja auditointeja ei ole riittävästi.



Näyttää myös siltä, että EU:n jäsenmailla on erilainen perusvalmius kliinisten auditointien toimeenpanoon. Joissakin maissa toiminnan käynnistämiseksi tarvitaan vielä paljon asennemuokkausta ja eri tahojen motivointia. On toiminnan harjoittajia, jotka eivät halua hyväksyä lainkaan oman toimintansa arviointia, ja toisaalta niitä, jotka ymmärtävät auditoinnin hyödyt ja pyytävät auditointia vapaaehtoisesti omista lähtökohdistaan. Näiden ääriasenteiden välillä on suuri joukko toiminnan harjoittajia, jotka näyttävät tarvitsevan suhteellisen pientä lisämotivointia ja asennemuokkausta ymmärtääkseen auditointien tarpeen ja merkityksen. Suomessa alan ammattijärjestöjen aktiivisuus vaatimusten toimeenpanossa on taannut auditointien alkamiselle hyvän perustan, ja ensikokemukset auditoinnista ovat olleet voittopuolisesti motivoivia.

## Auditointien sisältö

Tampereen symposiumissa EU:n toivottiin selkiinnyttävän sitä, mitä kliinisellä auditoinnilla tarkoitetaan. Symposiumin varsin vastakkaisista näkemyksistä näytti johtopäätökseksi nousevan, että optimissaan kliinisen auditoinnin tulisi käsitellä säteilyn käytön turvallisuuteen ja MED-direktiivin oleellisiin vaatimuksiin liittyviä näkökohtia, samalla kun siihen olisi tarkoitukseenmukaista yhdistää joitakin yleiseen laadunarviointiin kuuluvia keskeisiä näkökohtia. Yhtä tärkeää olisi käsitellä näihin kuuluvia toiminnan rakenteita, prosesseja että tuloksia. Suomessa STM:n asetukseen (423/2000) kirjattu kymmenen kohdan malli on lähellä tällaista optimia, varsinkin kun lueteltuja kohtia voidaan tarvittaessa painottaa sopivasti ja myös muita asioita voidaan ottaa mukaan (lueteltuihin kymmeneen kohtaan tulee asetuksen mukaan kiinnittää huomiota *muun ohessa*). Suomessa ensimmäinen auditointikerta painottuu ko. kymmenen kohdan suppeahkoon läpikäyntiin, mutta jatkossa pyritään lisäksi arvioimaan tarkemmin valittuja tutkimus- ja hoitokäytäntöjä.

## Hyvän käytännön kriteerit

Auditoinnissa sovellettavien hyvän käytännön kriteerien suoranaista harmonisointia MED-direktiivi ei edellytä, mutta Tampereen symposiumin johtopäätöksiin kirjattiin toivomus, että kliiniseen auditointiin käytettävissä olevista vaihtoehtoista, kriteereistä ja toimintamenetelmistä, laadittaisiin sopivia oppaita. Kriteeristön pohjana tulisi olla kansalliset tai kansainväliset suositukset (kuten EU:n omat julkaisut), tai tieteellisten ammattiyhdistysten julkaisemat suositukset. Tässä yhteydessä painotettiin kliiniseen kokemukseen perustuvien ("evidence based") suositusten tärkeyttä. Tärkeätä olisi myös kou-

luttaa toiminnan harjoittajia tuntemaan näitä suosituksia; mm. lähete-käytännöstä julkaistuista suosituksista huolimatta vanhoja käytäntöjä ei monessa tapauksessa ole muutettu suositusten mukaiseksi (esimerkkinä symposiumissa keskusteltiin paljon lannerangan tarpeettomista röntgenkuvauksista). Suomessa ensimmäinen auditointikerta on rakennettu STM:n asetuksessa (423/2000) luetellun kymmenen kohdan tarkasteluun siten, että samalla haetaan oppia ja kootaan tietämystä hyvän käytännön kriteereistä. Soveltuvan kriteeristön tuntemukseen ja käyttöönottoon tullaan kiinnittämään paljon enemmän huomiota myöhemmin, kun auditointeihin sisällytetään valittujen tutkimusten ja hoitojen tarkempaa arviointia.

## **Muiden laadun arviointien huomioon ottaminen**

Laatujärjestelmien arvioinnissa ja sertifiointeissa, ja etenkin kliinisen toiminnan akkreditoinneissa tehdään laatuun liittyviä arviointeja, jotka saattavat sisältää kliinisen auditoinnin kanssa samansuuntaisia tavoitteita. On myös mahdollista, että terveydenhuollon standardien kehittyessä myös sertifiointitoiminta voi laajentua tulevaisuudessa käsittämään terveydenhuollon toimintoja siten, että sertifiointin tavoitteet ovat osittain yhtenevät kliinisten auditointien kanssa. Vaikka Tampereen symposiumin viesti tältä osin oli selvä: nämä arvioinnit ovat eri asioita kuin MED-direktiiviin ja säteilylain tarkoittamat kliiniset auditoinnit, on kliinisten auditointien suunnittelussa otettava huomioon muut mahdolliset arvioinnit turhan päällekkäisyyden välttämiseksi. Suomessa tähän asiaan on kiinnitetty huomiota, ja vuoden 2004 alussa perustettu kliinisen auditoinnin kansallinen asiantuntijaryhmä tulee ensi töinään mm. vertailemaan kliinisiä auditointeja ja isotooppilaboratorioiden akkreditointeihin kuuluvia auditointeja.

## **Toimeenpanon organisaatio**

Kliinisten auditointien käytännön toimeenpanoon ei ole tarjolla yhtenäistä linjaa tai organisaatiomallia. Täysin Suomen Qualisan Oy:n kaltaista kliinisen auditoinnin erityisorganisaatiota ei näytä toistaiseksi olevan muissa maissa. Ranskassa akkreditointeja ja kliinisiä auditointeja lääketieteen muilla aloilla suorittanut valtiollinen organisaatio on laajentamassa toimintaansa säteilyn käytön kliinisiin auditointeihin. Saksassa on perustettu erityisiä organisaatioita ("Ärztliche Stelle") tuottamaan laadunvarmistus- ja auditointipalveluita, mutta niiden toiminta ei ole kunnolla käynnistynyt, koska palvelujen käyttöön

ei ole ollut selvää lainsäädännöllistä pakotetta. Englannissa yleinen, joskaan ei systemaattinen, menettely on ollut nk. vertaisarvioinnit ("peer reviews"); siinä sairaalat arvioivat toinen toisiaan. Sekä Englannissa että Hollannissa, joissa laatu järjestelmät terveydenhuollossa on säädetty pakollisiksi, tehdään paljon laatu järjestelmiin kohdistuvia laatu auditointeja. Hollannissa arviointikriteereinä on sovellettu myös nk. laatu palkintokriteeristöjä ja toiminnan katsotaan ainakin osaksi täyttävän kliinisen auditoinnin vaatimuksia. Useissa maissa kliinisen auditoinnin toteutus näyttää olevan vasta suunnitteluasteella (mm. Espanja, Italia).

Tampereen symposiumissa EU:n toivottiin tekevän tarkemman selvityksen siitä, miten kliiniset auditoinnit on eri jäsenmaissa toimeenpantu. EU:lta toivottiin myös ohjeita toimeenpanon käytännön organisointiin, vaikka toisaalta monissa puheenvuoroissa ilmaistiin pelko siitä, ettei toimintaa kahlittaisi johonkin tiettyyn muotoon liian tiukoilla ohjeilla. Haluttiin antaa vapautta siten, että toteutuksella parhaiten rohkaistaisiin kunkin maan luontaiseen "infrastruktuuriin" sopivaa mallia.

Toiminnan rahoittamisen suhteen symposiumin johtopäätös oli selkeä: auditointikustannuksista kuuluu vastata toiminnan harjoittajan, jonka hyödyksi auditointeja tehdään. Ei näytä todennäköiseltä, että toimintaa rahoitettaisiin suoraan yhteiskunnan varoilla. Suomessa Qualisan Oy, joka on toistaiseksi ainoa auditointiorganisaatio, rahoittaa kliiniset auditoinnit auditoitavilta perittävillä maksuilla.

Auditointiorganisaatiot tarvitsevat runsaasti päteviä auditointeja. Kliinisten auditointien luonteen ja tavoitteiden perusteella auditointien edellytetään olevan säteilyn lääketieteellisen käytön hyviä asiantuntijoita, käytännössä terveydenhuollossa toimivia lääkäreitä, fyysikoita, röntgenhoitajia ja tarvittaessa muidenkin ammattiryhmien edustajia. Terveydenhuollon ammattilaisista kootut auditointitieteilijät tarvitsevat lisäksi erityiskoulutusta auditointikriteereistä ja auditointitekniikasta. Tampereen symposiumissa ennakoitiinkin lähivuosina erittäin suuri auditointitieteilijöiden koulutustarve Euroopassa. Koulutusta varten toivottiin myös EU:n tuella järjestettäviä kansainvälisiä auditointikursseja. Suomessa Qualisan Oy on järjestänyt koulutusta auditointitieteilijöille, ja kouluttajina on toiminut myös ulkomaisia auditointitekniikan asiantuntijoita. Suomessa koulutetut auditointitieteilijät ovat kaikki terveydenhuollon ammattihenkilöitä, ja kaikkiaan Suomessa on koulutettu noin 150 auditointitieteilijää eri ammattiryhmistä ilmoittautuneista halukkaista.

## **Kliinisten auditointien vaikuttavuus**

Tampereen symposiumissa esitettiin myös, että kliinisten auditointien toimeenpanoa tulisi seurata niiden vaikuttavuuden arviointi. Sopivalla seurannalla ja tutkimuksilla olisi selvitettävä, miten tehdyt havainnot ja annetut suositukset ovat parantaneet toiminnan laatua. Tulosten avulla voidaan parantaa motivaatiota ja saada palautetta auditointien kehittämiseen. Suomessa kansallinen asiantuntijaryhmä tulee teettämään yhteenvetoja ja selvityksiä auditointien vaikuttavuuden arvioimiseksi.

## **Johtopäätöksiä – Jatkosuunnitelmat**

EU:lta odotetaan tarkempaa yhteenvetoa kliinisen auditoinnin toimeenpanosta eri jäsenmaissa ja lisäohjeita käytäntöjen kehittämiseksi. Erityisesti odotetaan kliinisen auditoinnin käsitteen tarkentamista siten, että toiminnan sisältö eri jäsenmaissa muotoutuisi tavoitteiden kannalta tarkoituksenmukaiseksi. EU:n lisätoimia toivotaan myös sovellettavien kriteerien kokoamisessa ja vahvistamisessa ja auditoiden kouluttamisessa. – Joillakin osa-alueilla (mm. sädehoito) on jo ryhdytty toimenpiteisiin lisäohjeiden kehittämiseksi.

Tampereen symposium osoitti, että Suomessa omaksuttu, STM:n asetuksessa (423/2000) lueteltuun kymmeneen kohtaan pohjautuva arviointikriteeristö on oikeansuuntainen kliinisten auditointien optimaalisen kehittämisen kanssa. Suomessa asetetut aikataulut ja käytännön toteutusmallit ovat herättäneet kunnioitusta ja mielenkiintoa muualla, vaikka (tai ehkä juuri siksi, että) ne EU:n sisäisessä vertailussa edustavat mahdollisimman perusteellista linjaa.

Auditointien yhdenmukaisuuden ja laadun varmistamiseksi Suomessa aloittaa kuluvana vuonna toimintansa valtakunnallinen, auditointiorganisaatioista riippumaton asiantuntijaryhmä, jonka tehtävänä on auditointitoiminnan koordinointi, kehittäminen ja auditointiohjelmien arviointi. On myös odotettavissa, että kliinisten auditointien toimeenpanoon liittyviä periaatteita ja vaatimustasoa joudutaan myöhemmin täsmentämään STUKin julkaiseman ST-ohjeen avulla.

## KLIININEN AUDITOINTI

# Auditointiin valmistautuminen

Eila Lantto

Tampereen yliopistollinen sairaala

### Yleistä auditoinnista ja sen suorituksesta

STM:n asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (423/2000) edellyttää käytännössä laatu järjestelmää ja klinisiä auditointeja jokaiseen lääketieteellistä säteilyä käyttävään yksikköön. Ensimmäinen auditointi on tehtävä *viimeistään toukokuussa 2005* ja sen jälkeen viiden vuoden välein.

*Auditoinnin sisältö* määritellään pääpiirteissään asetuksessa. Siinä käydään läpi ainakin 1) valtuuksien ja vastuiden määrittelyt 2) lähetteet ja niiden antamista ohjaavat suositukset 3) oikeutusarvioinnissa noudatettu käytäntö ja tiedonkulku 4) toimenpiteiden suorittamista koskevat ohjeet ja käytännöt 5) tutkimus- ja hoitolaitteet 6) toimenpiteistä aiheutuneet säteilyannokset ja saavutetut tutkimus- ja hoitotulokset 7) toimenpiteitä koskevien tietojen laatu tallentaminen ja kulku 8) henkilöstön koulutus 9) laadunvarmistustoimintojen määrittely ja käyttö, sekä 10) toiminnan itsearviointi, arviointitulokset ja niiden käyttö.

Käytännössä kliinisessä auditoinnissa siis arvioidaan koko tapahtumaketju klinikon lähetteen kirjoittamisesta ja tutkimuksen valinnasta tulosten hyödyntämiseen potilaan hoidossa. Auditoidavan *yksikön toimintaa verrataan ns. hyvään käytäntöön* ja sen perusteella annetaan tarvittavia suosituksia toiminnan kehittämiseksi ja perusteettoman säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi.

Yksikön laatu järjestelmä kannattaa dokumentoida *laatu- tai toimintakäsikirjaan*, jonne käytännöt on kirjattu ohjeineen. Laatu järjestelmä on vapaasti valittavissa, kunhan se sisältää myös asetuksen edellyttämät, kliinisessä auditoinnissa arvioitavat kohdat. Asioiden kirjaamisen aste kannattaa pitää järkevänä, ettei laatu käsikirjan päivittäminen käy myöhemmin mahdottomaksi. Laatu käsikirjamalleja saa mm. Suomen Röntgenhoitajaliitolta ja Suomen Radiologiyhdistykseltä.

Auditointi on aina *toiminnan harjoittajan vastuulla* ja se täytyy itse tilata. Tällä hetkellä klinisiä auditointeja tekee vain Qualisan Oy, jolta saa myös kustannusarvion yksikön auditoinnista. Tilauksen jälkeen Qualisan Oy sopii

yksikön kanssa auditoijat ja auditointipäivät. Auditoinnina toimivat oman sairaanhoitopiirin ulkopuoliset kokeneet alan asiantuntijat, jotka ovat käyneet auditoijakoulutuksen. Useimmiten ryhmään kuuluvat radiologi ja röntgenhoitaja, isoimmista yksiköissä mukana voi olla myös fyysikko tai tekniikan edustaja. Auditoinnit ovat siis kollegoita, jotka tuntevat ja ymmärtävät hyvin toiminnan sisällön ja luonteen.

Auditointi tapahtuu erilaisiin *dokumentteihin tutustumalla, havainnoimalla ja haastatteluin*. Yksiköstä pyydetään auditoijille etukäteen melko suuri määrä erilaisia dokumentteja ns. paperiauditointia varten (mm. laatuksikirjaan kuuluvia osia, toimintasuunnitelma ja -kertomus, vastuunjakoon, koulutukseen, perehdytykseen, tutkimusten suorittamiseen ja itsearviointeihin liittyvää materiaalia). Paperiauditoinnin perusteella auditoijat tekevät haastatteluohjelman. Se lähetetään yksikköön ajoissa, että haastateltavat ehtivät varata aikaa haastattelua varten. Auditoinnit saattavat tilata myös lisämateriaalia joko etukäteen tai esitettäväksi varsinaisena haastattelupäivänä. Sellaisia voivat olla vaikkapa otos läheteistä ja kuvista, laadunvalvontatulokset ja erilaiset tutkimusohjeet. Varsinaisena haastattelupäivänä auditoijat haastattelevat etukäteen sovitun ohjelman mukaisesti yksikön johtoa, työntekijöitä ja lähetettäviä lääkäreitä. Kaikkea yksikön toimintaa auditoijat eivät ehdi arvioida, vaan he laativat haastatteluille painopistealueet, jotka riippuvat yksikön toiminnan laajuudesta ja luonteesta. Painopistealueita voivat olla esim. runsaasti säteilyä tuottavat tutkimukset, kuten CT, lpv ja angio, päivystysaikainen toiminta, osaston ulkopuoliset kuvaukset sekä erityisryhmiin, kuten lapsiin kohdistuvat kuvaukset.

Auditoinnista annetaan *suullinen ja kirjallinen raportti*, jossa yksikön toimintaa arvioidaan asetuksen jokaisen kohdan osalta. Raportin loppuosassa esitetään ehdotuksia toiminnan kehittämiseksi. Yksikkö saa kirjallisen raportin kuukauden kuluessa auditoinnista. Se on *säilytettävä* STUKin seuraavaa säteilyn käytön määräaikaistarkastusta varten.

Ensimmäisellä auditointikierroksella *painopiste* on tärkeimmissä säteilyturvallisuusasioissa; kierros on luonteeltaan lempeä ja ohjaava. Auditoinnista ei voi reputtaa, mutta kehittämissuosituksen laajuus voi vaihdella huomattavasti. Seuraavilla auditointikierroksilla arvioidaan perusteellisemmin mm. säteilyannosten seuranta ja tutkimus- ja hoitotuloksia.

## **Auditoinnin suosikkikohteita tai kysymyksiä**

Seuraavassa esitetään yksityiskohtaisemmin esimerkkejä, miten auditoijat arvioivat asetuksen 423/2000 kohtien toteutumista.

1. Miten säteilyn käyttöön liittyvät vastuut ja valtuudet on jaettu ja määritelty?

Kun laatujärjestelmää rakennetaan, paljastuu usein vastuunjakoon liittyviä epäselvyyksiä. Säteilyn käyttöön liittyvien tehtävien ja vastuiden tulisi olla selkeästi määriteltyjä ja henkilöiden päteviä tehtäviinsä.

Auditoijat haluavat nähdä kuvauksen organisaation rakenteesta (sekä yleistasolla että yksityiskohtaisemmin säteilyä käyttävän yksikön tasolla) sekä miten laite- tai tiimivastuita on jaettu. Turvallisuusluvan ja säteilynkäytön organisaatioselvityksen paikkansapitävyys tarkastetaan, samoin säteilyn käytöstä vastaavan johtajan tehtävät ja vastuut, kenelle kuuluvat laadunvalvonnan vastuu sekä säteilysuojainten ja annosrekisterin seurantavastuu. Muita keskustelun kohteita ovat säteilyn käyttöhenkilöstön pätevyys, fyysikon käyttö mm. laadunvalvonnassa ja optimoinnissa, mahdollinen kliinisen vastuun siirto, erilaiset konsultaatiovastuut (esim terveystieteissä ja yksityislaitoksissa) sekä onnettomuus- ja vaaratilanteiden ohjeistukset. (kts. esim. ST 1.1; ST 1.4).

2. Millaisia läheteiden antamista ohjaavia suosituksia on käytössä ja miten niitä käytännössä noudatetaan?

Auditoijia kiinnostaa, miten lähettäviä lääkäreitä on ohjeistettu sädetutkimusten valinnasta, vaihtoehtoisten tutkimusten (uä, mk) käytöstä ja sädeannoksista. Suositukset voivat olla kansainvälisiä, kansallisia tai vaikkapa paikallisia sopimuksia.

Varsin käyttökelpoinen ohjauksen työkalu on Euroopan komission julkaisu ”Kuvantamistutkimuksia koskevat lähettämissuosituksset. Säteilysuojelu 118. Luxemburg: Euroopan yhteisön virallisten julkaisujen toimisto; 2001. ISBN 92-828-9459-2”. Lähettävällä lääkärillä on oltava tiedossaan myös tavallisimpien tutkimusten sädeannokset, joista löytyy tietoa mm. STUKin www-sivuilta tai em. suosituskirjaisen sivuilta.

Myös läheteiden sisältö kannattaa ohjeistaa etukäteen. Auditoijat haluavat yleensä otoksen läheteistä tarkastaakseen, löytyykö niistä oleellinen anamneesi, statuslöydökset, tarvittaessa tiedot vanhoista tutkimuksista ja niiden tuloksista, tutkimusindikaatio ja lähettävän lääkärin nimi.

3. Millaista käytäntöä oikeutusperiaatteen arvioinnissa noudatetaan?

Oikeutuksen arvioinnista vastaa aina ensi kädessä lähettävä lääkäri, jolla on oltava käytössään kuvantamissuosituksset ja tiedot sädeannoksista, tiedot aiemmista tutkimuksista tai hoidoista sekä konsultaatiokanavat asiantuntijalle.

Oikeutuksen tarkistaa säteilyä käyttävän yksikön asiantuntijalääkäri (kts. esim. ST 1.1).

Asiantuntijalääkärin oikeutusarviointia ei edellytetä kaikista perustutkimuksista, mutta on syytä sopia käytännöt ainakin niihin tilanteisiin, joissa lähetetiedot ovat puutteelliset, pyydetään poikkeuksellista tutkimusta tai tutkimukseen liittyy suuri sädeannos. Auditoiden lempiaiheita ovat oikeutusarviointi silloin, kun radiologi ei ole paikalla (esim. terveyskeskuksessa), päivystystilanteissa, epäselvissä tilanteissa, potilaan tai hoitajan kieltäytyessä tutkimuksesta tai vaikkapa CT-tutkimuksissa. Auditointiin valmistautuvan yksikön kannattaa lyhyesti kirjata em. tilanteiden ohjeita.

4. Millaiset ovat toimenpiteiden tai tutkimusten suorittamista koskevat ohjeet ja käytännöt?

Jokaista laitteistoa varten on oltava kirjalliset ohjeet kaikille tavanomaisille tutkimuksille ja hoidoille. Auditoiden haluavat tutustua ohjeisiin, mm. ovatko ne ajan tasalla, riittävän kattavat ja löytyvätkö ne tutkimusten suorituspaikoilta. Ohjeisiin kuuluvat tutkimuksista riippuen niiden valmistelu-, suoritus- ja jälkihoito-ohjeet. Erityisen kiinnostavia ovat mm. lasten ja muiden erityisryhmien, runsaasti säteilyä tuottavien tutkimusten ja osaston ulkopuolella tehtävien tutkimusten ohjeet. Ohjeistus ja käytännöt sädesuojien käytöstä, tutkittavan kiinnipitämisestä ja raskauden tarkistamisesta ovat myös arvioinnin kohteena.

Ohjeet kannattaa yleensä kirjata järkevällä tarkkuudella, että niitä pystytään ylläpitämään. Tärkeää on että, käytännön toiminnassa noudatetaan itse itselle tehtyjä ohjeita! (kts. esim. ST 3.2; ST 3.3; [www.stuk.fi/julkaisut/potilassuojaimet.html](http://www.stuk.fi/julkaisut/potilassuojaimet.html)).

5. Tutkimus- ja hoitolaitteet

Auditoiden haluavat nähdä laiterekisterin. Laitteiden käyttö- ja perehdytysohjeiden pitäisi löytyä laitteiden varsinaiselta käyttöpaikalta eikä osastonhoitajan lukkojen takaa. Auditoinnin aikana yleensä paneudutaan jonnekin tutkimuslaitteen käyttöönoton yhteydessä tapahtuneeseen käytännön perehdytykseen. Menettelyt vikaantumistilanteissa, mahdollisten varajärjestelmien käyttö, laitteiden laadunvarmistusohjelmat tuloksineen ja huolto-ohjelmat käydään myös läpi.

6. Millaisia ovat säteilyannokset ja millaisia tutkimus- tai hoitotuloksia on saavutettu?

Auditoinnissa käydään läpi, millaisia ohjeita ja käytäntöjä säteilyannosten seurannasta on: mitä suureita eri tutkimuksista mitataan tai kirjataan, kuka niitä



mittaa, mihin annokset tallennetaan ja seuraako joku annostasaja? Millaisia yksikön omat sädeannokset ovat suhteessa vertailutasoihin?

Tutkimus- ja hoitotulosten arvioinnista keskustellaan myös, mutta niitä painotetaan enemmän vasta seuraavilla auditointikierroksilla. Tutkimustulosten arviointi olisi hyvä kehittää osaksi rutiinityöskentelyä.

7. Millainen on toimenpiteitä koskevien tietojen laatu, tallentaminen ja kulku?

Auditoijia kiinnostavat lähetteet ja lausunnot sekä löytyykö tutkimuksista merkintä sairauskertomuslehdiltä, mikäli niistä ei ole radiologin lausuntoa. Auditoinnissa yleensä käydään läpi otos em. sairauskertomuksen osista sekä kuvista. Huomiota kiinnitetään myös, jos vaikkapa tutkimuksen ja lausunnon/sairauskertomuksen välillä on huomattavia viiveitä.

Usein auditoija pyytää myös tutkimustilastoja nähtäväkseen. Niistä löytyy tietoa mm. tutkimusten määrästä asukkaita tai lääkärissä käyntejä kohti, lasten tutkimusmääristä tai muista sellaisista tutkimuksista, joita pitäisi nykykäytännön mukaan korvata toisen tyyppisillä tutkimuksilla (kts. esim. ST 3.3).

8. Miten henkilöstön koulutus on järjestetty?

Henkilökunnalla on oltava tehtävän edellyttämä taito ja soveltuva erikoiskoulutus ja röntgen- tai isotooppikuvia tulkitsevan tulisi olla alan erikoislääkäri tai sitä varten on oltava konsultaatiomahdollisuus.

Säteilyn käyttöhenkilöstön pätevyys tarkistetaan henkilöstöluettelosta. Paikoissa, missä ei työskentele omaa erikoislääkärinä, käydään läpi konsultaatiojärjestelyt.

Henkilöstön perusammattitaidon ylläpito, jatko- ja täydennyskoulutus sekä perehdytys arvioidaan. Perehdytykseen kuuluvat koulutus, kun yksikköön tulee uusi henkilö, uusi laite tai uusi menetelmä. Näitä tilanteita varten kannattaa laatia perehdytysohjelma. Arviointia varten pyydetään myös koulutusohjelma, tiedot ammattikirjallisuudesta ja internetin käyttömahdollisuuksista.

Säteilysuojelukoulutuksen osuutta tullaan kysymään röntgenhoitajien ja radiologien lisäksi myös lähettäviltä lääkäreiltä ja varsinkin osaston ulkopuolella säteilyä käyttäviltä henkilöiltä (esim. leikkaussalit), (kts. ST 1.7).

Auditoijat kysyvät myös terveystarkastuksista, työolojen seurannasta ja säteilyaltistuksen seurannasta (kts. ST 1.3; ST 1.6; ST 1.7; ST 7.1; ST 7.5).

9. Millainen on laadunvarmistusohjelma, sen tulokset ja tulosten hyödyntäminen?

Laadunvarmistusohjelman on oltava kirjallinen ja sen on sisällettävä erityisesti laitteiden laadunvalvonta laitekohtaisesti. Säteilyä tuottavien laitteiden li-

säksi sinne kannattaa sisällyttää myös esim. työasemien, filmitulostimien, valotaulujen ja varjoaineruiskujen laadunvalvonta. Niiden toimintakunnon ja suoritusominaisuuksien varmistaminen vaikuttaa myös oleellisesti tutkimusten lopputulokseen (kts. esim. ST 3.2; ST 3.4; ST 3.5; [www.stuk.fi/sateilyn\\_kaytto/tt.html](http://www.stuk.fi/sateilyn_kaytto/tt.html)).

Ohjelmaan tulisi sisällyttää ohjeet myös suuria sädeannoksia aiheuttavien tai erityisryhmiin kohdistuvien tutkimusten tai hoitojen laadunvarmistuksesta. Tulevaisuudessa sinne kannattaa lisätä myös klinisen toiminnan laadunvarmistukseen liittyviä asioita.

Auditoijia kiinnostavat itse laadunvarmistusohjelma, mutta myös sen tulokset ja varsinkin tulosten hyödyntäminen.

10. Miten itsearviointia on tehty, millaisia ovat tulokset ja miten niitä on hyödynnetty?

Oman toiminnan omatoimisella arvioinnilla haetaan yksiköstä itse kehittämisen kohteita. Sitä voi suorittaa yksin tai yhdessä ja kohteena voi olla koko yksikön toiminta tai jokin osa siitä. Auditoijia kiinnostaa, onko itsearviointia tehty, millaisia asioita on arvioitu, millaisia tuloksia saatu ja miten niitä on toiminnan kehittämisessä hyödynnetty. Myös muunlaiset palautteen hankintakeinot ja vertaisarviointi kannattaa tuoda esiin itsearvioinnista keskusteltaessa.

Auditoijat pyrkivät haastattelujen ja havaintojensa pohjalta arvioimaan, toimitaanko yksikössä omien ohjeistusten ja ilmoitusten mukaisesti. Vaikka auditoinnin sisältö saattaa tuntua vaativalta, sitä ei kannata pelätä. Se kannattaa kokea oman toiminnan kehittämistä tukeväksi palautejärjestelmäksi.

Lisätietoja saa:

- Qualisan Oy:n [www-sivuilla osoitteesta: www.qualisan.fi](http://www.sivuilla osoitteesta: www.qualisan.fi). Qualisan on klinisiä auditointeja järjestävä organisaatio, josta auditoinnin voi tilata. Organisaatio järjestää myös auditoijakoulutusta.
- Säteilyturvakeskuksen [www-sivuilla osoitteesta: www.stuk.fi](http://www.sivuilla osoitteesta: www.stuk.fi). Sivuilta löytyvät mm. STM:n asetus 423/2000, ST-ohjeet ja muuta hyödyllistä tietoa ja ohjeistusta säteilyn lääketieteellisestä käytöstä.

## KLIINISEEN AUDITOINTI

# Auditointiin valmistautuminen

**Liisa Vainikainen**  
**Kuopion yliopistollinen sairaala**

Valmistautuminen kliiniseen auditointiin sisältää seuraavat asiat:

- Tarvittavien asiakirjojen luominen ja päivittäminen
  - laatukäsikirja
  - palvelukuvaukset ja työprosessit
  - ohjeet.
- Auditoinnin tilaaminen kirjallisesti, ajankohdasta ja auditoijista sopiminen kolmannen osapuolen kanssa.
- Ennakkomateriaalin kerääminen ja ennakkokyselyyn vastaaminen sekä lähettäminen auditoijille.
- Omalle organisaatiolle ajankohdan ilmoittaminen, vastuuhenkilöiden paikallaolon varmistaminen ja työyhteisön ”psyykkaaminen” myönteisen ilmapiirin luomiseksi auditoinnille.
- Auditoijien tilaaman lisämateriaalin kerääminen ja lähettäminen auditoijille, sekä yhteydenpito auditoijiin sähköpostilla tai puhelimitse. Auditointiaikataulun hyväksyminen tai muuttaminen paremmin organisaatiolle sopivaksi.
- Paikan varaaminen yhteisille aloitus- ja lopetuskokouksille, sekä auditoijien omille palaverille.

## KLIININEN AUDITOINTI

# Kliininen auditointi sairaanhoitopiirissä

**Annikka Nikkola-Sihto**  
**Seinäjoen keskussairaala**

Seinäjoen keskussairaalassa aloitettiin laatukäsikirjan teko jo melko varhaisessa vaiheessa, vuonna 1998. Laatukäsikirjan teon aloitti Röntgenhoitajaliiton käsikirjan pohjalta laatukäsikirjan vastuuhoitaja, röntgenhoitaja Ritva Siirilä. Mukana laatukäsikirjan teossa olivat silloinen apulaisylilääkäri Reino Raninen ja osastonhoitaja Katriina Kuhalampi. Sairaanhoitopiiriltä saadun määrärahan turvin aloitettiin tulosityksikössä vuonna 1999 Radiologian laatujärjestelmä-projekti. Projektihenkilöinä toimivat Seinäjoen keskussairaalassa Ritva Siirilä ja tulosityksikköömme kuuluvassa Ähtärin sairaalan röntgenissä osastonhoitaja Pirjo Talonen. Projektimäärärahoja voitiin käyttää röntgenhoitajasijaisen palkkaukseen projektiajaksi (useaan otteeseen vuosina 1999–2002) sekä henkilökunnan laatukoulutukseen. Laatuasioita kehittämässä oli laatu-työryhmä, johon kuuluivat tulosityksikön ylilääkäri, molempien vastuusyksikköjen osastonhoitajat, ylihoitaja, laatukäsikirjasta vastaava hoitaja, teknisen laadunvarmistuksen vastuuhoitajat ja allekirjoittanut laatuvaastaavana vuodesta 2002 alkaen. Ähtärin sairaalassa työ eteni vauhdilla ja siellä voitiinkin suorittaa Suomen ensimmäinen kliininen auditointi maaliskuussa 2002. Keskussairaalassa irrotettiin laatu-työryhmästä vielä pienempi työryhmä kliinisen auditoinnin valmistelua varten ja keskussairaalan auditointi suoritettiin marraskuussa 2003.

Laadun kehittämässä meillä keskityttiin asioihin, jotka selvästi vaikuttavat jokapäiväiseen työhön, jolloin koko henkilökunta on helpompi motivoida mukaan laadunkehittämistyöhön. Henkilökunnalle on auditoinnista pidetty useita koulutuksia ja on pyritty myös avoimeen tiedottamiseen. Ensimmäisiä sisäisiä koulutuksia pidettiin jo vuonna 1999 ennen STM:n asetuksen voimaantuloa. Asetuksen teksti auttoi sitten selkiyttämään asioita etenkin asetuksessa lueteltujen, auditoinnissa huomioon otettavien 10 kohdan osalta. Auditointi tilattiin varhaisessa vaiheessa, jo lähes vuosi etukäteen. Tämän jälkeen tihennettiin koulutuksia. Tammikuussa 2003 pidettiin koko henkilökunnan koulutusiltapäivä ja hieman pienempiä aamukoulutuksia pidettiin vielä toukokuussa ja lokakuussa. Kliinikoille pidettiin oma tiedotustilaisuus lääkärikokouksen yhteydessä lokakuussa.

Laatukäsikirjan suhteen viimeiset pari vuotta kuuluivat lähinnä hiomiseen ja tiivistämiseen. Pyrittiin siihen, että itse laatukäsikirjaan jäisi mahdollisimman vähän päivitettävää. Erillisiä ohjeita tehtiin vielä, mutta nämä kerättiin pääasiassa ns. kirjalliseen laatukansioon. Toukokuussa suoritettiin myös laatukäsikirjan sisäinen auditointi ylihoitaja Sinikka Autereen toimesta. Hän toimii nykyisin sairaanhoitopiirimme laatupäällikkönä.

Jokaisen modaliteetin vastuuhoidajat ovat yhteistyössä vastuulääkärien kanssa valmistelleet laitteiden käyttöohjekansiot ja kuvausohjeet. Huonekohtaiset tutkimusohjekansiot toimivat röntgenhoitajan perehdytyksessä ja huonekierrossa tärkeinä työvälineinä. Natiivikuvauksista on röntgenhoitaja Tuija Laitila valmistellut perusteelliset kuvausohjeet hyvän kuvan kriteerein ja kuvituksineen. Läpivalaisu- ja angiotutkimushuoneisiin on ayl. Pekka Linden jo vuosia sitten tehnyt lääkäreitä varten kuvausohjeet. Samoin on el. Matti Haveri tehnyt tietokonetomografiaan varsin perusteelliset kuvausohjeet jo heti spiraalilaitteen hankinnan jälkeen v. 1997. Näitä ohjeita on vuosien varrella tiuhaan päivitetty uuden kirjallisuuden perusteella ja vielä viimeinen silaus annettiin ennen auditointia. Eniten ohjeista hyötyvät erikoistuvat lääkärit, mutta niistä löytyy hyviä vinkkejä erikoislääkäreillekin. Samoissa läpivalaisu- ja angiokansioissa on alkulehdelle vielä koottu muistutukseksi asioita säteilysuojelusta, ns. "säteilysuojelun lyhyt oppimäärä".

Lasten nivelistä koottiin sekä omaan että ensiapupoliklinikan käyttöön mallikuvakansio eri ikäkausilta. Tämän jälkeen vertailukuvien otto terveestä raajasta kiellettiin päivystysaikana. Tehtävä osoittautui melko suuritöiseksi ja muiden töiden ohella siihen menikin lähes 3 vuotta. Työn teki röntgenhoitaja Tuija Laitila ja olemme saaneet tästä varsin positiivista palautetta ensiapupoliklinikalta.

Lähetäville yksiköille tarkoitettu röntgenin ohjekirja on myös ollut vuosia käytössä ja sitäkin päivitetään melko tiuhaan tutkimusmenetelmien muuttuessa. Ohjekirjasta on vastuussa röntgenhoitaja Kirsti Yli-Rahnasto. Ohjekirja on viety myös sairaalan intranettiin. Sen alkuosassa on ohjeita, mukaan lukien säteilysuojelulliset näkökohdat, lähetäville lääkäreille ja sinne on laitettu linkki myös sivuille, joista saa tietoa röntgentutkimuksiin lähettämisestä.

Teknisestä laadunvarmistuksesta vastaavat röntgenhoitajat Sirpa Koskinen ja Tapio Paakkunainen, jotka ovat tehneet varsin perusteellista työtä, vieden asiantuntemusta myös alueemme terveyskeskuksiin. Jatkossa pyrimme myös integroimaan fyysikon paremmin mukaan tekniseen laadunvalvontaan.

Erilaiset vastuunjaot on dokumentoitu. Ylilääkärin ja apulaisylilääkärien sekä osastonylilääkärien tehtävien jaosta on sovittu omassa ylilääkäri-

kokouksessa. Osastonhoitajia on kolme johtuen piirin yhden sairaalan lopettamisesta ja virkasiirrosta ja tästä johtuen pantiin paperille myös osastonhoitajien tehtäväjako.

Perehdytyksessä käytetään laatukäsikirjaa, tutkimushuonekohtaisia kansioita ja osastonhoitajien tekemää yleisperehdytystä. Koulutusvastaava, erikoislääkäri Irina Rinta-Kiikka on tehnyt erikoistuville lääkäreille oman perehdytyskansion, lokikirjan sekä viikottaisen seminaariohjelman, joita myös noudatetaan.

Itsearviointeja on tehty monella saralla. Aloitimme ITE-arvioinnilla, jonka tuloksien perusteella päätettiin osastokokouksessa kehitettävät kohdat (esimerkiksi perehdytysohjeet) ja nyt teemme ITE-arvioinnin uudelleen selvittääksemme, olemmeko pystyneet korjaamaan kehitettäviä kohtia. LS-rankakuvien itsearviointit on aloitettu. Opettelukierroksella kävi jo ilmi, että PA-projektion kuvanlukuohjelmassa on korjaamista. Systemaattinen virhe tuli esiin, kun kuvia oli riittävästi esillä katsottavana.

Läpivalaisussa on tehty itsearvioita colongrafioiden ja miktiokystografioiden läpivalaisuaikojen ja sädeannosten suhteen. Kokemuksen karttuessa työn oppii tekemään nopeasti. Näissä meni noin puoli päivää, mutta jatkossa hoitaja tekee tietokoneajot muun työn ohessa ja yhteenvedojen teko on nykyisen tietokonetekniikan aikana nopeaa. Jokainen lääkäri saa tietoonsa vain sen, mikä pylväs asteikolla on hänen omansa ja voi sitten verrata omia työtapoja muiden työtapoihin.

Jatkossa on tarkoitus, että laatuvaastaava auttaa kussakin modaliteetissa itsearvioiden käyntiinpanossa, mutta päävastuu jää kunkin laitteen vastuuhenkilölle. Pyrimme siihen, että itsearviot olisivat jatkuva, vähintäänkin vuosittainen prosessi.

Sairaanhoidopiirimme on suhtautunut kehittämistoimintaan hyvin positiivisesti ja niinpä saimmekin nyt tutkimus- ja kehittämisrahaa, jotta voimme arvioida CT:n päivystysvatsatutkimusten läheteitä, käytettyjä protokollia, diagnoosin osuvuutta ja tutkimuksen vaikuttavuutta.

Röntgenosastomme ulkopuoliset pisteet, eli ensiapupoliklinikka, sydänvalvontaosasto ja leikkaussali, joissa kaikissa on C-kaarilaitteet käytössä, hoitivat omalta osaltaan valmistautumisen kiitettävästi STM:n asetuksessa mainittujen kymmenen kohdan pohjalta.

Vastuu auditointiin valmistautumisesta on meillä siis levitetty varsin laajalle, jolloin yksittäisten henkilöiden työtaakka ei nouse kohtuuttomaksi. Lisäksi tieto leviää silloin henkilökunnalle paremmin eikä auditointi näytä kenestäkään epämääräisen pelottavalta asialta vaan ymmärretään mahdollisuudeksi kehittää omaa työtä. Ohjekansioita meillä on ollut paljon ennen kuin

auditoinnista on ollut mitään tietoa. Tuleva auditointi pisti kuitenkin vauhtia ohjekirjojen päivitykseen ja saatiin kaikki ohjeet ajan tasalle.

## **Keskussairaalan mahdollisuudet tukea alueen terveystieteitä**

Erikoissairaanhoidon mukaan sairaanhoitopiireillä on koulutusvelvollisuus alueellaan, ja koska meillä on tällä hetkellä resursseja, olemme pyrkineet hoitamaan asiaa. Niinpä on alueen terveystieteiden johtaville lääkäreille ja johtaville hoitajille lähetetty tiedotuskirjeet kliiniseen auditointiin valmistautumisesta ja ohjeen ST 1.7 vaatimuksista. Tällä näyttää olleen vaikutusta resurssien saamiseen ja koulutukseen pääsyyn alueella.

Suurin osa alueemme terveystieteistä on pieniä, yhden röntgenhoitajan paikkoja. Olemme lähettäneet niihin kaikkiin, samoin kuin alueen yksityislaitoksiin omat natiivikuvausohjeemme. Katsomme, että on potilaiden ja kaikkien meidän etu, että kuvaukset suoritetaan yhteneväisin kriteerein. Lisäksi on turhaa käyttää monissa paikoissa työaikaa päällekkäiseen työhön.

Teknisestä laadunvarmistuksesta vastaavat röntgenhoitajat ovat käyneet kaikissa alueen sopimuksen tehneissä pisteissä opastamassa tekniseen laadunvalvontaan liittyvissä asioissa. Ainakin aluksi käynnit on tehty hieman alle omakustannushinnan.

Vastaava osastonhoitajamme Katriina Kuhalampi on yhdessä lehtori Aini Larmin kanssa pitänyt Radiologian laatujärjestelmä -projektiin liittyen alueen röntgenhoitajille Seinäjoen ammattikorkeakoulun terveystieteen yksikössä yhden opintoviikon koulutuksen nimellä Röntgenhoitajien radiografiatyön laadunhallinnan perusteet. Kurssin aikana sairaanhoitopiirin alueen terveystieteiden röntgenhoitajat työstivät ohjatusti oman yksikkönsä laatuasiakirjojen runkoja.

Vuonna 2002 pidettiin yhteistyössä Röntgenhoitajaliiton kanssa koulutuspäivä aiheena Annosmittaukset. Joulukuussa 2003 oli alueellinen koulutuspäivä aiheena Kliininen auditointi. Keväällä on tarkoitus järjestää huhtikuussa säteilysuojelukoulutuspäivä, joka suunnataan hoitohenkilökunnalle (ensiapu, CCU, leikkaussali). Lääkäreille suunnitellaan oma kliinispainotteinen koulutuspäivä syksyksi.

Sairanhoitopiirimme on tehnyt Seinäjoen ammattikorkeakoulun kanssa niin sanotun täydennyskoulutuksen puitesopimuksen, johon liittyen sairaanhoitopiiri osallistuu projektihenkilön palkkaukseen, ja projektihenkilö suunnittelee täydennyskoulutuksen toteuttamista sairaanhoitopiirissä. Jatkossa kaikki täydennyskoulutukset viedään sairaanhoitopiirin rekisteriin ja sinne suunnitellaan säteilysuojelukoulutukselle oma osio.

Sairaanhoitopiireillä on siis monia mahdollisuuksia tukea alueensa terveyskeskuksia valmistautumisessa klinisen auditointiin. Valitettavasti monissa piireissä resurssipula nousee esteeksi.



# Lähetekäytännöt ja EU:n suositukset

Eila Lantto

Tampereen yliopistollinen sairaala

## Lähetteen merkitys ja sen vaatimukset

Lähete on perusta koko sädediagnostiselle tutkimukselle: sen oikeutusarvioinnille, optimoinnille, käytännön suoritukselle ja tulkinnaalle. Tutkimus voidaan tehdä ja tulkita oikein vain, jos lähetetiedot ovat riittävät. Lähete on lisäksi toiselle erikoisalalle osoitettu konsultaatiopyyntö, joten sitä kunnioitettakoon tietyllä hartaudella.

Lähetteelle asetettuja vaatimuksia on esitetty asetuksessa 423/2000. Lähetteen on oltava lääkärin tekemä ja kliiniseen tutkimukseen perustuva. Kannattaa muistaa, että lähete on samalla myös juridinen asiakirja, osa potilasasiakirjaa.

Lähetteessä on oltava potilaan henkilötiedot, päivämäärä ja lähettävän yksikön tunnistetiedot. Siinä täytyy kuvata lyhyesti oleelliset tiedot potilaan aiemmista sairauksista ja tutkimuksista sekä nykysairaudesta ja kliinisestä tilasta. Erikoistutkimuksia pyydetessä lähetteessä on syytä mainita lisäksi mahdolliset allergiat tai komplikaatiot aiemmista tutkimuksista. Edelleen lähetteessä täytyy olla kysymyksen asettelu eli mitä tutkimuksella haetaan, sekä mitä tutkimusta pyydetään. Oleellinen on myös lähettävän lääkärin nimi.

Erityisen tärkeitä asianmukaiset taustatiedot ovat lähetettäessä potilaita tutkimuksiin, joista aiheutuu suuria sädeannoksia. Lähetettä antaessaan lääkärin tulee arvioida, vaikuttavatko tutkimustulokset diagnoosiin tai hoitoon. Tällöin hänellä on oltava käytössään tiedot aiemmin tehdyistä tutkimuksista ja niiden tuloksista, tutkimuksista aiheutuvat sädeannokset sekä lähettämissuosituksien suositukset.

## EU:n kuvantamissuosituksien suositukset

Kuvantamistutkimusten määrät vaihtelevat suuresti maamme eri osien, sairaaloiden ja terveyskeskusten välillä verrataanpa niitä väestöpohjaa tai lääkärissä käyntiä kohti. Vaihtelun taustalta ei löydy yksittäistä selittävää tekijää, mutta kuvantamiskäytäntöjen erot selittävät niitä osaltaan. Yhtenäisiä kuvantamissuosituksia ja -käytäntöjä siis tarvitaan.

Kliinisten käytäntöjen kehittämiseksi on useissa EU:n jäsenvaltioissa julkaistu yhteneväiset kuvantamistutkimuksia koskevat lähettämissuosituksset. Ne pohjautuvat alun perin brittiläisten radiologien kirjaseen "Making the best use of a Department of Clinical Radiology", jota eri maista kootut asiantuntijat ovat muokanneet.

Kirjasesta löytyy erilaisiin kliinisiin tilanteisiin sopivia suosituksia lähes 400. Kuvantamistutkimukset eri tilanteissa on jaettu mm. indikoituihin, erikoistutkimuksiin tai ei-indikoituihin. Suosituksissa on lisäksi mainittu, mikä tasoiseen näyttöön (ABC) ne perustuvat. Suosituksista vain noin 3 % perustuu kovimpaan tieteelliseen näyttöön A (satunnaistettuihin kontrolloituihin tutkimuksiin, meta-analyysiin tai systemaattisiin katsauksiin), 62 % perustuu B-tason näyttöön (kokeisiin ja havaintoihin pohjautuvat perusteelliset tutkimukset) ja 35 % C-tason näyttöön (asiantuntijamielipiteeseen perustuva näyttö). EU:n kirjasesta löytyvät myös tiedot tavanomaisten tutkimusten sädeanoksista.

EU:n kuvantamissuosituksset ovat pitkähkön radiologisen kokemukseni perusteella käyttökelpoisia. Niissä on otettu kantaa myös eri tutkimuskeinojen uusiin sovelluksiin ("...jotkin keskuksset käyttävät tässä tilanteessa TT:a, MK:a jne"), vaikka näyttö niiden käyttökelpoisuudesta perustunee vielä asiantuntijoiden näkemykseen ja kokemukseen. Samoin suosituksissa huomioidaan paikallisten olosuhteiden aiheuttamat eroavaisuudet mm. tutkimusten saatavuudessa, niiden käytön ja tulkinnan kokemuksessa ja asiantuntemuksessa. Suositukset olisi syytä ottaa käyttöön sekä perusterveydenhuollossa, erikoissairaanhoidossa että yksityissektorilla hyvän kliinisen käytännön kehittämiseksi, turhan sädealtistuksen vähentämiseksi ja tutkimusten vaikuttavuuden parantamiseksi. Suosituksia ei voi pitää ehdottomina ohjeina, vaan niitä täytyy soveltaa paikallisten olosuhteiden mukaan.

EU:n kuvantamistutkimuksia koskevat suositukset löytyvät internetistä ja kirjakaupoista.

Millaisia lähetteet ovat käytännössä?

TAYS:n sädediagnostiikan yksikössä vuosittaisen itsearviointin tärkeäksi kehittämiskohteeksi valittiin röntgenlähetteiden laadun ja lähetekäytännön kehittäminen. Timo Paakkalan johdolla käynnistettiin ns. läheteprojekti, jonka

aineistoon koottiin vuosina 2002–2003 useana ajanjaksona yhteensä 500 peräkkäistä lähetettä. Lähetteitä kerättiin kaikista tutkimustyypeistä. Sekä röntgenhoitaja että radiologi luokittelivat lähetteen keskeiset puutteet sekä lainsäädännön että sädeturvallisuuden vaatimusten suhteen.

Röntgenhoitajien arvion perusteella 44 %:ssa lähetteistä oli vähintään yksi virhe, puute tai muu ongelma, jonka vuoksi tietoja jouduttiin tarkentamaan, tutkimuksen toteuttamistapa jäi epäselväksi tai potilaan käsittely oli ollut epäselvä. Lähetteestä saattoi puuttua vaikkapa oleellinen tieto vammasta, jolloin kuvaus jouduttiin suorittamaan vanhojen kuvien perusteella, henkilötiedot puuttuivat, huonokuntoisen potilaan hoitoon ohjauksesta ei löytynyt merkintää tai saatettiin jopa pyytää kuvaamaan väärä raaja. Noin 5 % lähetteistä sisälsi pelkän merkinnän ”pk. haluttu tutkimus” – niistä suurin osa oli ortopedisia natiivikuvauspyyntöjä. Tällöin hoitaja oli päätenyt kuvaamaan vanhojen kuvien perusteella.

Radiologin arvion mukaan lähetteistä 26 %:ssa oli epäselvä kysymyksen asettelu, 9 %:ssa puutteelliset kliiniset tiedot ja 5 %:ssa pelkkä ”pk. tutkimus”. Esitiedot ja potilaan kliinistä tilaa koskevat tiedot olivat melko suppeat suurimmassa osassa lähetteistä, 9 %:ssa niin suppeita, että ne estivät tai hättäsivät tutkimuksen toteuttamista.

Lähetteen laatu on esitetty tarkemmin taulukoissa 1 ja 2. Thorax-röntgenkuvauslähetteisä kysymyksen asettelu tai kliiniset tiedot puuttuivat usein. Muissa natiivikuvausissa todettiin vakavia puutteita varsinkin ortopedisissa lähetteisä, asianmukaisia niistä oli 71 %. TT-lähetteisä puutteita löytyi 8–9 %:ssa, sen sijaan MK- tai angiografialähetteisä löytyi puutteita harvoin, vaikkakin joukosta löytyi yksi pahvilautaselle kirjoitettu lähete.

Puutteita löytyi enemmän päivystyslähetteisä kuin ei-päivystyksellisistä lähetteisä, erikoislääkäreiden laatimista kuin erikoistuvien laatimista, ensiapupoliklinikalta tulevasta kuin osastoilta tulevasta ja natiivikuvauspyynnöistä kuin erikoistutkimuspyynnöistä. Kaikki lasten lähetteet olivat asianmukaisia.

**Taulukko 1.** Läheteiden laatu kokonaisuutena.

Tutkimus	n	Hyvä %	Puutteita %	Huono %
Thorax-röntgen	80	61	38	4
Muut tavalliset röntgentutkimukset	177	71	11	18
TT	83	90	8	2
MK	80	92	6	2
UÄ	67	88	12	0
Angiot ja muut erikoistutkimukset	37	100	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>464</b>	<b>78</b>	<b>14</b>	<b>8</b>

(Hyvä = ei merkittäviä puutteita; Puutteita = seivä puutteita sisältävä, mutta kuvantaminen läheteen perusteella mahdollinen; Huono = riittämätön lähete)

**Taulukko 2.** Läheteiden laatu sädeannosten mukaan.

Luokka	Tyypillinen sädeannos	Tyypillinen tutkimus	Kpl	Lähete ok	%
0	0mSv	MK, UÄ	119	107	90
I	< 1 mSv	luusto rtg	221	152	69
II	1-5 mSv	Ls-röntgen, passage, pään TT	76	61	80
III	5-10 mSv	vartalon TT	80	45	90

TAYS:n lähetekäytäntöjä selvittävässä projektissa lähes puolesta läheteistä löytyi siis jotain kritisoitavaa ja neljäsosa oli oikeutusarvioinnin, optimoinnin tai käytännön suorituksen kannalta merkittävällä tavalla puutteellinen. Tutkimuksessa ilmeni myös useita prosessiongelmiä klinikoiden ja röntgenyksikön välillä, merkittävämpänä läheteiden, vanhojen röntgenkuvien ja -lehtien myöhästyminen tai puuttuminen. Niistä aiheutui merkittäviä viivytyksiä käytännön työhön. Prosessiongelmat tulevat onneksi vähenemään kattavan RIS- ja sähköisen potilastietojärjestelmän käyttöönoton jälkeen.

Lähetekäytännöt ja kuvantamisen valintaa koskevat suositukset kannattaa ottaa itsearviointiin ja kehittämisen kohteeksi myös muualla, jo ennen auditoijien kehittämissuosituksia. Asianmukaiset läheteet ovat edellytyksenä hyvän kliinisen käytännön toteuttamiselle ja sujuvalle toiminnalle.

## **Kirjallisuutta**

1. Paakkala T, Alakari J, Kaunonen M, Nurminen L. Radiologisten läheteiden laatu ja lähetekäytännön kehittäminen. Tampereen yliopistollinen sairaala, Sädediagnostiikan yksikkö, Tampere 2003.
2. Euroopan komissio. Kuvantamistutkimuksia koskevat lähettämissuosituksset. Säteilysuojelu 118. Luxemburg: Euroopan yhteisöjen virallisten julkaisujen toimisto; 2001. (ISBN 92-828-9459-2)
3. Asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä 423/2000.

# Koulutusvaatimusten toimeenpano

Juhani Karppinen  
Säteilyturvakeskus

## Johdanto

Vaatimukset säteilyn käyttöön terveydenhuollossa osallistuvan henkilöstön säteilysuojelukoulutuksen vähimmäismääristä ja tavoiteltavasta tietotasosta on esitetty ohjeessa ST 1.7. Vaatimusten pohjana on EU-suositus, josta on muokattu suomalainen sovellutus koulutusorganisaatioiden, säteilyn käyttäjien, opetusministeriön ja muiden sidosryhmien kommenttien perusteella.

STUKin vuonna 2003 tekemän koulutuskyselyn perusteella samoihin ammattitutkintoihin sisältyvän säteilysuojelukoulutuksen määrässä on huomattaviakin eroja eri oppilaitoksissa ja terveydenhuollon perus- tai jatkokoulutuksessa. Eräiden ammattiryhmien osalta säteilysuojelukoulutuksen määrä ei välttämättä ole ohjeen ST 1.7 mukainen. Koulutuksen määrän arviointi on kuitenkin vaikeaa mm. siksi, että säteilysuojelukoulutusta ei yleensä järjestetä erillisenä kurssina vaan se sisältyy muiden oppiaineiden yhteyteen. Havaittavissa oli myös tulkintaeroja siitä, mikä on varsinaista säteilysuojelukoulutusta. Tämä edellyttää yhteistyötä eri koulutusorganisaatioiden välillä. Tässä yhteistyössä tulisi olla mukana myös opetusministeriö ja STUK.

Ohjeen ST 1.7 mukaan säteilysuojelukoulutusta tulee saada viiden vuoden aikana 20–40 tuntia. Kyselyn vastaajista 48 % ei ollut saanut koulutusta lainkaan tarkastelujakson aikana. Radiologien ja röntgenhoitajien ryhmissä vastaajien omalle ryhmälleen arvioima säteilysuojelutietämys painottui hiukan ohjeen vähimmäistasoa alemmaksi. Jotkut ammattiryhmät tunsivat suurta koulutustarvetta, vaikka heidän säteilysuojelutietämyksensä oli omasta mielestä hyvä ja vaikka he olivat saaneet muita enemmän koulutusta. Toisaalta kaikki, jotka eivät olleet saaneet säteilysuojelukoulutusta lainkaan viimeisen viiden vuoden aikana, eivät välttämättä kokeneet tarvitsevankaan sitä. Näin saattoi olla jopa paljon altistuvissa ryhmissä. Vähiten täydennyskoulutusta olivat saaneet tutkimuksessa ja opetuksessa työskentelevät vastaavat johtajat, eniten julkisissa sairaaloissa. Suhteellisesti eniten niitä, joiden mielestä koulutus oli liian vähäinen, toimi asennus- korjaus- ja huoltotoissa sekä röntgen-toiminnassa terveydenhuollossa. Kyselyn tuloksista julkaistaan STUKin raportti keväällä 2004.

## Täydennyskoulutusvelvoite ja sen toimeenpano

Toiminnan harjoittajan palveluksessa olevilla, säteilyn käyttöön osallistuvilla henkilöillä on oltava tehtävien edellyttämä koulutus ja pätevyys. Lisäksi toiminnan harjoittajan velvollisuutena on huolehtia, että henkilöstöllä on työtehtäviensä mukaiset, ajantasaiset tiedot ionisoivasta säteilystä sekä voimassa olevasta säteilylainsäädännöstä ja muista säteilyn käyttöä koskevista määräyksistä ja ohjeista. Ohjeessa ST 1.7 esitetään säteilysuojelukoulutuksen sisältö ja vähimmäismäärä. Laadinnan alla on myös ohje ST 1.8, joka koskee säteilyn käyttöorganisaatioissa toimivien henkilöiden pätevyyttä ja sen edellyttämää säteilysuojelukoulutusta.

Säteilysuojelun perustietojen opetus sisältyy yleensä asianomaisen opintoalan peruskoulutuksen opinto-ohjelmaan kullekin ammattiryhmälle soveltuvalla tavalla. Ohjeessa ST 1.7 on esitetty koulutuksella tavoiteltava tietotaso asiasisällön mukaan jaoteltuna eri ammattiryhmille peruskoulutuksessa ja jatkokoulutuksessa (erikoistumiskoulutuksessa). Ohjeessa edellytetään myös, että lähettävällä lääkäriellä tulee olla riittävät tiedot säteilysuojelusta. Jo hänen peruskoulutusvaiheessaan opinto-ohjelman tulee sisältää perustiedot säteilysuojelusta ja taitoja tulee ylläpitää täydennyskoulutuksen avulla. Vuoden 2004 aikana eri lääkäripäivillä asiasta tiedotetaan ja lähettävän lääkärin vastuu tuodaan esiin. Periaatteessa myös toiminnan harjoittajalla on vastuu siitä, että heidän palveluksessaan olevat kliinikot tuntevat röntgentutkimuksien lähettämissuosituksen. Yksityislääkärien palveluksia käyttävien toiminnan harjoittajien tulee kiinnittää erityistä huomiota lähetekäytäntöön.

Toiminnan harjoittajan on huolehdittava siitä, että hänen palveluksessaan oleva henkilöstö saa täydennyskoulutusta vähintään siinä laajuudessa, mitä ohjeessa ST 1.7 on esitetty. Menetelmä koulutuksen sisällön ja määrän kirjauksesta on oltava valmiina 31.12.2004 mennessä. Suositellaan koulutusohjelman laatimista ja seuraamista. Koulutukseen osallistuminen on oltava täytetty 31.12.2009 mennessä.

## Toimeenpanoon liittyviä ongelmia

Kyselyn perusteella röntgenhoitajilla ja terveystieteiden opiskelijoilla oli suurin koulutustarve. Joukko on niin suuri, että voi kysyä, mistä löydetään riittävät kouluttajaresurssit ja kuka voi antaa koulutusta. Ohje antaa myös mahdollisuuden itse opiskellen täydentää tietojaan. Mitä voidaan hyväksyä itseopiskeluun? Koulutus voi olla myös ohjattua opetusta tai osallistumista koulutusilaisuuksiin. Miten nämä eri koulutusmuodot pisteytetään keske-

nään? Ongelmia aiheuttavat lisäksi sairaaloiden resurssipulat; tekijöistä on tällä hetkellä pulaa. Kuka tekee työt, kun osa henkilökunnasta on koulutuksessa tai sitä antamassa. Tällä hetkellä koulutusmäärärahat useassa sairaalassa ovat niin pienet, että niillä kaikkien kouluttaminen ei ole mahdollista.



# Uudet säädökset ja oppaat

Markku Pirinen  
Säteilyturvakeskus

## 1 Yleistä

Säteilylain (592/1991) 70 § velvoittaa Säteilyturvakeskuksen (STUK) antamaan lain mukaisen turvallisuustason toteuttamista koskevia yleisiä ohjeita. Tämän mukaisesti STUK julkaisee säteilytoimintaa ja sen turvallisuutta käsitteleviä ST-ohjeita. Näiden lisäksi julkaistaan erilaisia säteilytoimintaan liittyviä oppaita ja tiedotteita.

## 2 Ohjeiden valmistelu STUKissa

ST-ohjeiston riittävydestä, kehitystarpeista ja ajantasaisuudesta kokonaisuutena vastaa ionisoivan säteilyn osalta Säteilyn käytön turvallisuus -yksikön (STO) johtaja ja ionisoimattoman säteilyn osalta Ionisoimattoman säteilyn laboratorion (NIR) johtaja. Uuden ohjeen valmistelusta ja voimassaolevan uudistamisesta vastaa ko. tulosyksikön päällikkö tai hänen nimeämänsä henkilö. Yksittäisen ohjeen ajantasaisuudesta vastaa sen tulosyksikön päällikkö, jonka vastuualueelle ohje kuuluu. STO:n apulaisjohtaja vastaa ohjetyön koordinoimisesta.

## 3 Menettelytavat

ST-ohjeiden valmistelusta ja uudistamisesta päätetään tulossuunnitelmassa tai tarvittaessa tilannekohtaisesti. Ohjeiden aiheista ja mahdollisista parannusehdotuksista saadaan esityksiä esim. käyttöhenkilökunnalta ja tarkastajilta. Ohjeelle nimetään valmistelusta vastaava henkilö ja valmistelulle asetetaan aikataulu.

### 3.1 Käytännön valmistelutyö

Valmistelusta vastaavan henkilön tueksi voidaan nimetä työryhmä, johon voi kuulua ko. yksikön ulkopuolisia edustajia ja myös STUKin ulkopuolisia jäseniä. Ohjevalvontaryhmä (STO:n johtaja, apulaisjohtaja ja muita ko. alueen vastuuhenkilöitä) seuraa työryhmän toimintaa. Myös laatuasioista vastaava henkilö seuraa ohjeen valmistelutyötä. Ohjetyön loppuvaiheessa oikeustieteel-

lisen koulutuksen saanut henkilö tarkastaa ohjeen sisällön.

Tarvittaessa ohje toimitetaan STM:n kautta tiedoksi Euroopan Yhteisöjen (EY) komissiolle, mikäli siinä annetaan direktiivien täytäntöönpanoa koskevia vaatimuksia tai muutetaan aikaisempia vaatimuksia. Komissiolla on kolmen kuukauden aika antaa valmisteltavasta ohjeesta kannanotto. Jos valmistettava ST-ohje sisältää teknisiä määräyksiä, joilla voi olla vaikutusta ulkomaankauppaan, toimitetaan se myös kauppaja teollisuusministeriöön (KTM).

### **3.2 Ohjeen sisällön muotoutuminen**

*Luonnos 1:* Vastuuhenkilö tai työryhmä tekee ohjeluonnoksen, josta pyydetään STUKin sisäiset lausunnot.

*Luonnos 2:* Lausuntojen pohjalta muokataan ohjeluonnos, joka lähetetään lausunnolle ulkopuolisille asiantuntijoille ja sidosryhmille. Tarvittaessa pyydetään kannanotto myös säteilyturvaneuvottelukunnalta ja ministeriöltä.

*Luonnos 3:* Ulkoisten lausuntojen pohjalta muokataan ohjeluonnos, jonka hyväksyy kyseisen tulosyksikön päällikkö ja ohjeen valmistelusta vastaava henkilö. Tehdään kielentarkastus ja varmistetaan painoasu.

*Luonnos 4:* Jos ulkoiselta lausuntokierrokselta tulleet muutosehdotukset ovat poikkeuksellisen merkittäviä, tehdään näiden pohjalta uusi luonnos ja pyydetään siitä ulkoiset lausunnot.

Tehdään esitys pääjohtajalle ohjeen hyväksymiseksi. Esitys mahdollisesti hyväksytään ja samalla voidaan kumota joitakin ohjeita.

### **3.3 Ohjeen jakelu**

Ohje lähetetään toiminnanharjoittajille, sidosryhmille ja laitetaan STUKin www-sivuille.

### **3.4 Ohjeiden ajantasaisuuden seuranta**

Yksittäisen ohjeen ajantasaisuus tarkistetaan viiden vuoden välein. Ohjeen uudistamisen takaraja on kymmenen vuotta.

## 4 Käsiteltävänä olevat ST-ohjeet

ST 1.1 Säteilytoiminta ja sen valvonta (20.6.1996)	Uudistettavana
ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio (24.10.1991)	Valmistuu 2004
ST 1.6 Säteilysuojelutoimet työpaikalla (29.12.1999)	Uudistettavana
ST 1.8 Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyyskoulutus ja pätevyystamisorganisaatiot	Valmistuu 2004
ST-ohjeet 3.3, 3.4 ja 3.5 yhdistetään > ST 3.3	Valmistuu 2004
ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta (25.2.2000)	Uudistettavana
ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet (1.7.1999)	Uudistettavana
ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu (29.12.1999)	Uudistettavana

## 5 Tiedotteita

Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen	Valmistuu maaliskuussa 2004
Laadunvarmistus mammografiatoiminnassa	Luonnos
Laadunvarmistus röntgentoiminnassa	Valmistuu 2004
Opas C-kaaren käyttäjille	Valmistuu 2004
Vastaavien johtajien säteilysuojelukoulutus	Luonnos

## 6 Muuta

STUKin [www-sivuilla](http://www.stuk.fi) on lisää tietoa viranomaistoiminnasta.

## DAP-mittareiden kalibrointi: menetelmät ja ohjeet

**Tuomo Komppa, Paula Pöyry**  
**Säteilyturvakeskus**

Röntgenlaitteissa käytettäviä annoksen ja pinta-alan tulon (*DAP*) mittareita ei toistaiseksi ole järjestelmällisesti kalibroitu Suomessa. Yhtenäisen ja mittaus-tekniisesti luotettavan kalibrointimenettelyn avulla voitaisiin parantaa *DAP*-mittausten tarkkuutta ja tulosten vertailukelpoisuutta. Säteilyturvakeskuksen dosimetrialaboratoriossa valmistellaan kevään 2004 aikana menetelmiä ja ohjeita *DAP*-mittareiden kalibrointia varten. Suunniteltuun kalibrointitoimintaan kuuluu kaksi osaa, joista toinen koskee siirrettävien vertailumittareiden kalibrointia STUKin kalibrointilaboratoriossa ja toinen röntgenlaitteissa olevien mittareiden kalibrointeja käyttöpaikoilla. Tarkoitus on, että kalibrointeja käyttöpaikoilla voisivat tehdä kaikki halukkaat yritykset noudattamalla ohjeen mukaista yhtenäistä menettelyä ja käyttämällä asianmukaisesti kalibroituja vertailumittareita. *DAP*-mittareiden yhdenmukaisten kalibrointi- ja mittausmenetelmien kehittämiseksi tehdään yhteistyötä myös pohjoismaisten kalibrointilaboratorioiden kesken.

### **Vertailumittareiden kalibrointi STUKin dosimetrialaboratoriossa**

Vertailumittariksi tarkoitettu *DAP*-mittari kalibroidaan mittariin kohdistuvan säteilyn suhteen laboratorion röntgenlaitteen säteilykeilassa, joka on rajattu tarkasti lisäkaihtimen avulla. Kalibroinnissa käytetään IEC-standardin mukaisia RQR-säteilylaatuja, jotka on suunniteltu vastaamaan röntgenkuvauksissa käytettäviä säteilylaatuja. Menetelmän testaus on aloitettu, ja joitakin *DAP*-mittareiden kokeilukalibrointeja on tehty. STUKin dosimetrialaboratorio toimii kansallisena mittanormaalilaboratoriona, ja sen omien säteilymittalaitteiden kalibroinnit ovat jäljitettävissä kansainväliseen mittausjärjestelmään. Laboratorion kalibrointien luotettavuus varmistetaan mm. kansainvälisten mittausvertailujen avulla.

## Röntgenlaitteissa käytettävien mittareiden kalibrointi käyttöpaikoilla

Röntgenlaitteissa käytettävät *DAP*-mittarit voivat olla kiinteästi asennettuja tai irrallisia mittakammioita, tai laitteen näyttämä *DAP*-arvo saattaa myös olla laskettu kuvausarvojen ja -geometrian perusteella. Kaikki nämä mittarityypit voidaan kalibroida käyttöpaikalla suoraan vertailemalla siten, että kalibroitu vertailumittari sijoitetaan samanaikaisesti säteilykeilaan sopivalle etäisyydelle. Röntgenlaitteen *DAP*-mittari tulee näin kalibroiduksi sellaisen säteilykeilan suhteen, joka on vaimentunut lähes samalla tavalla kuin kuvauksessa potilaaseen kohdistuva säteilykeila. Tällä menetelmällä voidaan välttää virheitä, joita vaihtoehtoisissa menetelmissä saattaa aiheutua etäisyyden ja kenttäkoon mittausrvirheistä ja siitä, että kalibroinnissa otetaan huomioon vain säteilykentän keskellä mitattu annos, tai että mittari kalibroidaan muualla kuin käyttöpaikallaan. Yleisesti käytettyjen vaihtoehtoisten menetelmien käyttökelpoisuutta on kuitenkin vielä tutkittava vertailevilla mittauksilla.

Käyttöpaikalla suoritettavaa kalibrointia varten valmistellaan ohje, jonka avulla kaikki mittarit voidaan kalibroida yhdenmukaisella tavalla. Tämä ohje on siis ensisijaisesti tarkoitettu niille, jotka suorittavat kalibrointeja käyttöpaikoilla. Mahdollisesti samaan ohjeeseen liitetään myös opastavaa tietoa kalibrointipalveluiden tilaajille ja kaikille muillekin *DAP*-mittareiden käyttäjille. Ohjeet ja menetelmät pyritään saamaan käyttökelpoiseen kuntoon vuoden 2004 kuluessa.