



STUK-C5 / MAALISUU 2006

SÄTEILYTURVALLISUUS JA LAATU RÖNTGENDIAGNOSTIIKASSA 2006

H. Järvinen (toim.)

Tässä raporttisarjassa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 952-478-087-9 (nid.)

ISBN 952-478-088-7 (pdf)

ISSN 1458-8277

Dark Oy, Vantaa, 2006

Myynti:

STUK – Säteilyturvakeskus

PL14, 00881 Helsinki

Puh. (09) 759 881

Faksi (09) 7598 8500

JÄRVINEN Hannu (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006. STUK-C5. Helsinki 2006. 53 s.

Avainsanat säteilyturvallisuus, röntgendiagnostiikka, laadunvarmistus, laadunvalvonta, potilaan säteilyaltistus, vertailutasot, optimointi, DAP-mittarit, digitaalinen kuvantaminen, tietokonetomografia, lasten röntgentutkimukset, kliininen auditointi

Johdanto

Säteilyturvakeskuksen (STUK) järjestämässä seminaarissa, jonka luentolyhennelmät on koottu tähän julkaisuun, käsitellään potilaan säteilyturvallisuuden ja röntgendiagnostiikan laadun kannalta keskeisiä toimenpiteitä, vaatimuksia ja ohjeita.

Terveydenhuollon röntgentutkimuksia koskeva säännöstö uudistuu ja täydentyy. Uusi ohje ST 3.3, Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, tulee voimaan 1.4.2006 ja korvaa 27.8.1992 annetun ohjeen ST 3.3, Lääketieteelliset röntgentutkimuslaitteet ja niiden käyttö. Uusi ST 3.3 on kattava perusohje terveydenhuollon röntgentutkimusten säteilysuojelusta ja laadunvarmistuksesta ja asettaa säteilyä käyttävälle henkilöstölle uusia velvoitteita. ST-ohjeisiin kirjattua säännöstöä täydentävät STUKin päätökset: 28.12.2005 tulivat voimaan STUKin päätökset potilaan säteilyaltistuksen vertailutasoista lasten röntgentutkimuksille ja kardiologiseen radiologiaan, ja valmisteilla ovat päätökset röntgenlaitteiden käytönaikaisista hyväksyttävyyksivaatimuksista. Seminaarissa tarkastellaan uutta säännöstöä, ja pohditaan erityisesti uuden ohjeen ST 3.3 merkitystä käyttäjien näkökulmasta.

Röntgenkuvantamisessa viime vuosina merkittävä ja nopeasti edennyt kehitystrendi on ollut siirtyminen digitaaliseen tekniikkaan, mikä edellyttää aivan uudenlaista optimointia ja laadunvalvontaa. Uusi ohje ST 3.3 antaa perusteet optimoinnille ja laitteiden tekniselle laadunvalvonnalle, mutta se ei sisällä yksityiskohtaista tietoa laadunvalvontamenetelmistä. Laitteiden teknistä laadunvalvontaa varten on valmisteilla STUK tiedottaa -sarjan julkaisu, jossa tullaan antamaan kaivattua ohjeistusta myös digitaalisten kuvareseptorien ja kuvamonitorien laadunvalvonnasta. Seminaarissa tarkastellaan valmisteltavan oppaan aihepiiriin kuuluvia digitaalisen kuvantamisen laadunvalvontamenetelmiä.

Laadunvarmistuksessa tarvitaan eri ammattiryhmien osaamista ja saumatonta yhteistyötä, ja tiimityön merkitystä tarkastellaan seminaarissa käytännön kokemusten pohjalta.

Tietokonetomografiatutkimusten määrä on jatkuvasti lisääntynyt ja niistä

arvioidaan aiheutuvan nykyisin jo lähes puolet kaikista röntgentutkimuksista potilaille aiheutuvasta kollektiivisesta annoksesta. STUKissa on tämän vuoksi ollut käynnissä tietokonetomografian optimointiin ja laadunvalvontaan liittyvä selvitys, jonka ennakkotuloksia käsitellään seminaarissa.

Seminaarin muina aiheina käsitellään mm. natiiviröntgentutkimuksesta aiheutuneen potilasannoksen määrittämistä (seminaarin työpajassa) ja lasten röntgentutkimusten tutkimusohjeistoa. Tämä julkaisu ei sisällä luentolyhennelmiä näistä teemoista eikä potilaan säteilyaltistuksen määrittämiseen tietokonetomografiassa liittyviä peruskäsitteitä, koska esitykset perustuvat suoraan muihin STUKin julkaisuihin (STUK tiedottaa -sarjan julkaisut 1/2004 ja 1/2005).

Sisällysluettelo

Johdanto	3
TERVEYDENHUOLLON RÖNTGENTUTKIMUKSIA KOSKEVA SÄÄNNÖSTÖ	
Ohje ST 3.3, Röntgentutkimukset terveydenhuollossa:	
Käyttäjän näkökulma	7
Anu Alanen	
Säteilyturvakeskuksen päätökset	9
Ritva Parkkinen	
Uutta säännöstöä	11
Mika Markkanen	
RÖNTGENTUTKIMUSTEN LAADUNVARMISTUS	
DAP-mittarin kalibrointi ja toimintakunnon seuranta	16
Paula Pöyry, Tuomo Komppa	
STUKin opasluonnos laitteiden teknisestä laadunvalvonnasta – tavoitteet ja tilanne	21
Hannu Järvinen	
Digitaalisten kuvareseptorien laadunvalvonta	24
Kauno Kuusela	
Digitaalisten mammografialaitteiden laadunvalvonta	29
Paula Pöyry	
Kuvamonitorien laadunvalvonta	34
Päivi Laarne	
Kuvan laadun optimointi digitaalisessa kuvantamisessa	37
Anja Kettunen	
TIIMITYÖSKENTELY LAADUNVARMISTUKSESSA	
Eri ammattiryhmien roolit ja yhteistyö röntgentutkimusten laadunvarmistuksessa	41
Petri Saari, Irma Parviainen, Rauno Hämäläinen, Minna Husso	

TIETOKONETOMOGRAFIATUTKIMUSTEN OPTIMOINTI JA LAADUNVALVONTA

Tietokonetomografiatutkimusten potilasannokset Juhani Karppinen	46
Tietokonetomografialaitteiden laadunvalvonta Juhani Karppinen	51

TERVEYDENHUOLLON RÖNTGENTUTKIMUKSIA KOSKEVA SÄÄNNÖSTÖ

Ohje ST 3.3, Röntgentutkimukset terveydenhuollossa: Käyttäjien näkökulma

Anu Alanen
Varsinais-Suomen kuvantamiskeskus

Mitä ST 3.3 merkitsee käyttäjille?

Ohje sisältää terveydenhuollossa tehtävien röntgentutkimusten ajantasaiset säteilyturvallisuusvaatimukset. Vaatimusten kirjaaminen yhteen ohjeeseen aikaisemman kolmen sijasta helpottaa niiden noudattamista. Uusi ohje on lisäksi huomattavasti aikaisempia yksityiskohtaisempi ja asettaa säteilyä käyttävälle henkilöstölle useita uusia haasteita.

Röntgentutkimusten ohjeiden sisällöstä on annettu yksityiskohtainen luettelo, jonka laatiminen tutkimuskohtaisesti tulee aiheuttamaan paljon työtä ja uutta kirjaamista. Samalla se vaatii tarkistamaan kunkin tutkimuspaikan omia käytäntöjä. Ohjeiden kirjaamisvaatimuksen tarkkuus – tutkimusohjeet on arkistoitava siten, että tarvittaessa voidaan todeta tutkimuksen tekoheikkällä käytössä ollut tutkimuskäytäntö, jotta yksittäiselle potilaalle tutkimuksesta aiheutuneen annoksen voi arvioida myöhemminkin – aiheuttaa runsaasti tarkentavaa työtä jo olemassa olevien ohjeiden päivittämisessä vaatimusten mukaisiksi.

Lähes kaikilla, ellei aivan kaikilla, röntgentutkimuksia suorittavilla osastoilla tarjolla olevan työn määrä ylittää nykyään käytettävissä olevat henkilöresurssit. Mistä saadaan riittävät tekijät tähän uuteen tehtävään? Toteutusvastuu on annettu toiminnan harjoittajalle, jolle ei useinkaan ole itsestään selvää säteilytyön erityisvaativuus.

Useassa kohdassa uuden ohjeen toteuttaminen vaatii perusteellisen vain kerran tehtävän työrupeaman, esim. tutkimusohjeistojen laatimisen vaaditulle tasolle. Toisaalta esimerkiksi laitteiden toimintakunnon ja suoritusominaisuuksien valvonta esitetyllä tavalla vuosittain vaatii jo jatkuvan lisäresurssoinnin. Suurissa sairaaloissa on käytettävissä fyysikon osaamista; kuka ja miten hoidaan nämä asiat pienemmissä röntgenyksiköissä? Laitteistojen tason valvonta on itsestään selvästi turvallisen työskentelyn lähtökohta, ja niiltä osin uusi ohje on selkeästi nostamassa kaikkien työvaiheiden laatutasoa erinomaiseksi. Selvitettäväksi tulee osaavien tekijöiden löytäminen ja palkkaaminen. Pienempien

yksiköiden olisi ehkä tarkoituksenmukaista laatia yhteinen laadunvarmistussuunnitelma ja hankkia yhdessä esimerkiksi fyysikkopalveluja tai laadunvalvontahoitajan mittauspalveluita.

STUK tulee keräämään tiedot tutkimusmääristä ja säteilyannoksista ja julkaisee näiden perusteella valtakunnalliset arviot. Käyttäjän toivomus olisi, että tiedot kerättäisiin ennakkoon sovitun kirjaamistavan perusteella siten, että ne kertyvät muun kirjaamisen ohella automaattisesti. Kerätyn tietokoosteen toimittaminen jälleen takaisin kaikille käyttäjille tulee olemaan avuksi toiminnan rationaalisessa suunnittelussa.

Ohjeen ST 3.3 toteuttaminen aiheuttaa vaihtelevassa määrin lisäresurssoinnin tarvetta (esim. aikaa, työpanosta, rahaa palvelujen ostoon) kaikilla säteilytyötä tekevillä osastoilla, mutta takaa potilaiden ja henkilökunnan mahdollisimman korkeatasoisen sädehygienian ja suuren säteilyturvallisuuden.

TERVEYDENHUOLLON RÖNTGENTUTKIMUKSIA KOSKEVA SÄÄNNÖSTÖ

Säteilyturvakeskuksen päätökset

Ritva Parkkinen
Säteilyturvakeskus

STUK asettaa säteilyn lääketieteellistä käyttöä koskevia vaatimuksia sille lain-säädännössä annetuin valtuuksin STUKin päätöksillä ja ST-ohjeilla. Molemmat vahvistaa STUKin pääjohtaja. Uuden käytännön mukaisesti aiemmin ST-ohjeissa esitettyjä vaatimuksia, kuten esimerkiksi käytön aikaisia hyväksyttävyysskriteerejä, annetaan jatkossa päätöksillä. STUKin päätöksellä voidaan myös kumota ja muuttaa voimassa olevassa ST-ohjeessa esitetty asia. Tällöin ST-ohje jää muilta osin edelleen voimaan.

Tähän saakka säteilyn lääketieteellistä käyttöä koskevia STUKin päätöksiä on tehty vain muutamia. Vuonna 1999 vapautettiin päätöksellä 202/310/99 hammaslääkärin vastaanotto toiminnan yhteydessä käytettävät hammasröntgenlaitteet turvallisuusluvasta. Vuonna 2000 asetettiin potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot röntgen- ja isotooppitutkimuksille päätöksellä 596/310/00. Uusia vertailutasoja asetettiin vuonna 2005 STUKin päätöksellä 26/310/05 lasten röntgentutkimuksille ja päätöksellä 27/310/05 kardiologiseen radiologiaan. Päätökset ovat nähtävillä samalla verkkosivulla ST-ohjeiden kanssa osoitteessa www.stuk.fi. Vertailutasopäätöksiin liittyvät ohjeet vertailutasojen käyttöön ottamisesta ja ne ovat myös saatavilla samalta verkkosivulta päätösten kanssa.

Asetetut käytönaikaiset hyväksyttävyysskriteerit perustuvat aina kunkin ajankohdan parhaaseen käytössä olevaan tietämykseen. Kvantamislaitteiden nopea tekninen kehittyminen ja laitteiden käyttösovellutusten muuttuminen kuitenkin vaikuttavat siihen, että kriteerejä on tarve uusida nopeammin kuin muuta alan ohjeistusta, jota on ST-ohjeissa. Sama koskee myös vertailutasoja: niitä annetaan uusille tutkimuksille ja toimenpiteille, mutta myös aiemmin annettuja vertailutasoja päivitetään. Kokonaisten ST-ohjeiden uusiminen veisi huomattavasti pidemmän ajan kuin uuden päätöksen tekeminen suppeammasta osa-alueesta.

Röntgenlaitteille annetaan käytönaikaiset hyväksyttävyysskriteerit kahdessa vaiheessa. Ensin annetaan kriteerit perinteisille laitteille, joissa käytetään filmi-vahvistuslevy-tekniikkaa. Nämä vaatimukset eivät juuri poikkea aiemmin ST-ohjeissa esitetystä. Toisessa päätöksessä annetaan käytönaikaiset

hyväksyttävyysskriteerit laitteille, joissa käytetään digitaalista kuvantamistekniikkaa.

Uudet päätökset jaetaan postitse kirjallisina kaikille toiminnanharjoittajille, joita päätös koskee. Käytännössä vastaanottaja on turvallisuusluvassa mainittu säteilyturvallisuudesta vastaava johtaja. Päätökset julkaistaan välittömästi myös STUKin verkkosivuilla. Antamalla päätöksiä STUK huolehtii ohjeistuksen ajantasaisuudesta entistä paremmin.

TERVEYDENHUOLLON RÖNTGENTUTKIMUKSIA KOSKEVA SÄÄNNÖSTÖ

Uutta säännöstöä

Mika Markkanen
Säteilyturvakeskus

Muutoksia lainsäädäntöön

Säteilylakiin ja säteilyasetukseen tehtiin vuoden 2006 alussa muutoksia, joilla pantiin täytäntöön EU:n neuvoston direktiivi korkea-aktiivisista umpilähteistä. Säteilylakiin lisättiin kokonaan uusi luku 8 a (31 a–f §), jossa korkea-aktiivisten umpilähteiden käytölle asetetaan entistä tarkempia vaatimuksia. Merkittävin uusi vaatimus on, että korkea-aktiivisten umpilähteiden haltijoiden on asetettava taloudellinen vakuus, jolla varmistetaan lähteen jätehuoltokustannukset käytön päätyttyä. Vakuutta ei kuitenkaan vaadita valtion, kuntien tai muiden julkisyhteisöjen laitoksilta.

Samanaikaisesti säteilylakiin tehtiin joitakin selvennyksiä, jotka koskevat kaikkea säteilyn käyttöä. Ne koskevat toiminnanharjoittajan velvollisuutta järjestää koulutusta (14 a §) sekä säteilylähteiden kirjanpito- ja ilmoitusvelvollisuutta (14 b §). Lisäksi on tarkennettu annosmittauspalveluiden hyväksyntämenettelyitä (32 a §). Nämä selvennykset eivät tuo muutoksia nykyisiin käytäntöihin, koska vastaavat vaatimukset on jo aikaisemmin asetettu ST-ohjeissa tai STUKin erillisillä päätöksillä.

ST-ohjeet

STUK antaa säteilyn käytön turvallisuutta koskevat yleiset säteilyturvallisuusohjeet (ST-ohjeet) säteilylain nojalla. Toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että ohjeiden mukainen turvallisuustaso toteutetaan ja ylläpidetään. Ohjeita päivitetään säännöllisesti. STUKin tavoitteena on, että yli 10 vuotta vanhoja ei olisi ja 60 % ohjeista on enintään viisi vuotta vanhoja. Merkittävä määrä ST-ohjeita uusittiin vuosina 1999–2001, kun EU:n säteilysuojelun perusnormidirektiivi ja säteilyn lääketieteellistä käyttöä koskeva direktiivi pantiin täytäntöön. Nyt nämä ohjeet ovat tulleet päivitysvuoroon, joten suurehko määrä ST-ohjeita on lähiaikoina uudistettavana.

Ohje ST 1.1, Säteilytoiminnan turvallisuusperusteet

Ohje ST 1.1, Säteilytoiminnan turvallisuusperusteet korvasi toukokuussa 2005 aikaisemman, vuonna 1996 annetun ohjeen ST 1.1 Säteilytoiminta ja sen valvonta. Ohje on kokoava ohje ja siinä esitetään periaatteet, joiden mukaisesti säteilytoiminta on järjestettävä. Yksityiskohtaisia ohjeita annetaan muissa ST-ohjeissa.

Ohje ST 1.1 käsittelee tiivistetysti säteilytoiminnan keskeisiä asioita:

- säteilytoiminnan hyväksyttävyyys (oikeutus, optimointi, yksilönsuoja)
- säteilytoimintaa koskevat säädökset
- turvallisuuslupa- ja ilmoitusmenettelyt
- toiminnan harjoittajan vastuut ja velvollisuudet
- turvallisuuden varmistaminen.

Säteilyn käyttöön osallistuvien henkilöiden lisäksi ohjeen kohderyhmänä ovat toiminnan harjoittajat, tai niiden edustajat, jotka eivät välttämättä itse osallistu suoraan säteilyn käyttöön, mutta ovat viime kädessä siitä vastuussa; esimerkiksi organisaation johtaja, joka on yrityksen puolesta hakenut kyseisen turvallisuusluvan, tai hänen seuraajansa, jos johtaja on luvan myöntämisen jälkeen vaihtunut.

Uusia painotuksia ST-ohjeissa

Ohje ST 1.1 kiteyttää periaatteet ja painotukset, jotka heijastuvat myös muihin parhaillaan uudistettavina oleviin ST-ohjeisiin. Keskeistä toiminnan turvallisuudelle on muun muassa, että toiminnan harjoittaja tiedostaa vastuunsa toiminnasta ja organisoii (ja resursoi) sen siten, että edellytykset turvalliselle ja säädösten mukaiselle toiminnalle ovat keskeytyksittä olemassa. Tämän mukaisesti joitakin keskeisiä asioita, joihin STUK kiinnittää myös valvonnassaan entistä enemmän huomiota:

- käyttöorganisaatio on toiminnan laatu ja laajuus huomioiden asianmukainen ja toimiva
 - tehtävät, vastuut ja tiedonkulku on määritelty
 - käytössä on tarvittavat resurssit tehtävien hoitoon
 - käytettävissä on riittävä asiantuntemus
 - henkilöstön täydennyskoulutuksesta huolehditaan
- turvallisuuden hallinta
 - mahdollisten onnettomuustilanteiden tunnistaminen, niiden toteutumismahdollisuuden minimointi ja niihin varautuminen
 - toiminnasta aiheutuvan säteilyaltistuksen suuruuden ennakoiminen ja optimointi

- toiminnan jatkuva seuraaminen ja reagointi odottamattomaan kehityskulkuun (ks. alla kohta Selvitysrajat ja niiden käyttö)
- radioaktiivista ainetta sisältävistä lähteistä huolehditaan
 - ajantasainen kirjanpito lähteistä: sijaintipaikat, saannot ja luovutukset
 - katkeamaton seuranta lähteiden siirroissa
 - käytetyistä lähteistä huolehtiminen: suunnitelma jo lähteen hankintavaiheessa
 - lähteiden turvajärjestelyt vahingoittumisen, katoamisen ja lainvastaisen käytön varalta (erityisesti korkea-aktiiviset lähteet ja suhteessa tunnistettuihin riskeihin)
- laadunhallinta
 - velvoitteista huolehditaan parhaiten koko toiminnan kattavan laatujärjestelmän avulla.

Selvitysrajat ja niiden käyttö

Ohjeessa ST 1.1 viitataan ns. selvitysrajoihin ja niiden käyttöön. Lähtökohdana tässä on, että toiminnasta aiheutuva säteilyaltistus ja muut säteilyvaikutukset arvioidaan etukäteen ja arvioinnin perusteella toiminnan harjoittaja asettaa toiminnalleen raja-arvoja, joiden ylittyessä se ryhtyy toimiin ylityksen syyn selvittämiseksi ja tarvittaessa tilanteen korjaamiseksi. Useimmiten on selkeintä asettaa selvitysraja yksittäiselle mittaustulokselle. Toiminnan laadun mukaan selvitysrajoja voidaan asettaa esimerkiksi seuraaville mittaustuloksille:

- työntekijän henkilökohtaisen annosmittarin lukema
- työolojen tarkkailuun liittyvän mittauksen tulos, esimerkiksi annosnopeus tietystä työtilassa, tai ryhmädosimetrin lukema
- annosnopeus käyttöpaikan tai säteilylähdevaraston ulkopuolella
- päästömonitorin lukema.

Kun selvitysraja asetetaan, samalla on määriteltävä mittauksia ja niiden tulosten seurantaan koskevat menettelytavat sekä toimet, joihin ryhdytään selvitysrajan ylittyessä. Selvitysrajojen käytön tavoitteena on luoda systemaattinen menettelysille, että odotetusta poikkeava asiantila, tapahtuma tai kehityssuunta säteilyn käytössä havaitaan ja siihen reagoidaan. Siten selvitysrajat, niitä koskevat toimintaohjeet ja kirjanpito tapahtumista tulisi sisällyttää osaksi toiminnan laatujärjestelmää.

Uudistettavana olevia ST-ohjeita

Seuraavassa on kuvattu joitakin sellaisia uudistettavana olevia ST-ohjeita ja

niihin odotettavissa olevia muutoksia, joiden odotetaan valmistuvan vuoden 2006 kuluessa (tilannearvio 1.3.2006). Luettelo ei ole kattava, eli myös joitakin muita ST-ohjeita ollaan uudistamassa.

Ohjeesta ST 1.3, Säteilylähteiden varoitusmerkinnät (vuodelta 1999) on tarkoitus poistaa merkkivaloja koskevat kohdat, koska niitä käsitellään tarkemmin eri toimintojen osalta muissa ST-ohjeissa. Merkittävimmät muutokset koskevat ionisoimattoman säteilyn varoitusmerkintöjä, joita koskevia asioita täsmennetään ja käsitellään laajemmin (myös esimerkkikuvia lisätään).

Ohje ST 1.6, Säteilysuojelutoimet työpaikalla (1999) laajenee jonkin verran, koska siihen sisällytetään edellä kuvattuja turvallisuuden ja laadunhallintaan liittyviä asioita. Uudet osiot käsittelevät muun muassa selvitysrajojen käyttöä toiminnan seuraamisessa sekä varautumista mahdollisiin poikkeaviin tapahtumiin. Nykyisen ohjeen keskeisiin asioihin, kuten työpaikan alueiden ja työntekijöiden luokittelua sekä ulkopuolisten työntekijöiden suojelua koskeviin osuuksiin, ei kuitenkaan ole odotettavissa merkittäviä muutoksia.

Ohje ST 1.9, Säteily- ja annosmittaukset on kokonaan uusi ohje, jossa on tarkoitus esittää säteilymittausten tarkkuusvaatimukset ja säteilymittareiden hyväksyntää, kalibrointia sekä toimintakunnon tarkastamista koskevat vaatimukset. Ohjeessa annetaan lisäksi vaatimukset työntekijöiden henkilökohtaisten säteilyannosten mittauspalveluille. Ohje koskee sellaisia säteilytoimintaan liittyviä mittauksia, joiden tuloksia käytetään säteilyaltistuksen määrittämiseen, tai joiden perusteella varmistetaan muutoin toimintaa koskevien turvallisuusvaatimusten täyttymistä.

Ohje ST 3.3, Lääketieteelliset röntgentutkimuslaitteet ja niiden käyttö (1992) korvaa olemassa olevan ohjeen ST 3.3. Ohje on juuri valmistunut ja sitä on käsitelty toisessa luennossa (Alanen).

Ohjeisiin ST 5.1, Umpilähteiden ja niitä sisältävien lähteiden käyttö (1999) ja ST 5.4, Säteilylähteiden kauppa (1999) täsmennetään vuoden 2006 alusta voimaan tulleita korkea-aktiivisten umpilähteiden käyttöä, merkintöjä, kirjanpitoa ja siirtoja koskevia vaatimuksia. Periaatteellisesti merkittävä ohjeeseen ST 5.1 sisällytettävä uusi asia on lähteiden turvajärjestelyt vahingoittumisen, katoamisen ja lainvastaisen käytön varalta.

Ohjeeseen ST 7.1, Säteilyaltistuksen seuranta (2000) lisätään selvitysrajojen käyttö säteilyaltistuksen seurannassa sekä täsmennetään säteilyaltistuksen seurannan tulosten dokumentointia ja asiakirjojen säilyttämistä koskevia asioita. Lisäksi ohjeesta poistetaan annosmittauspalvelun hyväksyntää koskevat asiat, jotka lisätään valmisteilla olevaan ohjeeseen ST 1.9, Säteily- ja annosmittaukset.

Ohjeen ST 7.2, Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet (1999) sisältöä on tarkoitus hieman karsia siten,

että ohje keskittyy nimensä mukaisesti vain altistuksen enimmäisarvojen soveltamis- ja annosten laskemisperusteisiin ja kaikki säteilymittauksiin ja mittaus-suureisiin liittyvät asiat siirretään uuteen ohjeeseen ST 1.9.

Ohjeessa ST 7.5, Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu (1999) toiminnan harjoittajan velvollisuuksia on tarkoitus täsmentää kirjoittamalla ne omaksi luvukseksi ja terveystarkkailusta vastaavan lääkärin pätevyysvaatimuksia on myös tarkoitus täsmentää.

Lisätietoja

Vuoden 2006 alusta voimaan tulleet uudet säädökset:

- Laki säteilylain muuttamisesta: www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20051179
- Asetus säteilyasetuksen muuttamisesta:
www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20051264

Ajanmukaiset täydelliset säädökset, joihin on lisätty edellä mainitut muutokset:

- Säteilylaki: www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19910592
- Säteilyasetus: www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19911512

Ajanmukaiset ST-ohjeet:

www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/viranomaisohjeet/fi_FI/stohjeet/

Tietoa säteilyn käyttäjille: www.stuk.fi/sateilyn_kayttajille/

Kysymykset tai palaute Säteilyturvakeskukselle: palaute@stuk.fi

RÖNTGENTUTKIMUSTEN LAADUNVARMISTUS

DAP-mittarin kalibrointi ja toimintakunnon seuranta

Paula Pöyry, Tuomo Komppa
Säteilyturvakeskus

Johdanto

STUKissa viimeistellään DAP-mittarin eli annoksen ja pinta-alan tulon mittarin kalibrointia koskevaa ohjetta, joka julkaistaan STUK-STO-TR-raporttina vuoden 2006 aikana. Aikaisempia luonnoksia koskevien kommenttien perusteella ohjeeseen on tehty muutoksia ja lisäyksiä. Ohjeessa esitetään kaksi menetelmää DAP-mittareiden kalibroimiseksi käyttöpaikalla. Seuraavassa esitetään yhteenveto ohjeen mukaisista DAP-mittareiden kalibrointimenetelmistä.

Mittarit

Säteilykeilaan asennetun DAP-mittarin signaali on verrannollinen annoksen ja pinta-alan tuloon (ilmakerman pintaintegraaliin). Mittarin valmistaja tai huoltaja on säätänyt mittarin näyttämään tiettyä DAP-arvoa tietyssä tilanteessa. DAP-mittareita koskevan standardin IEC 60580 mukaan mittarin vaste putkijännitteillä 50 kV–150 kV saa poiketa 100 kV:n jännitteellä mitatusta vasteesta enintään 8 %, kun kokonaissuodatus on 2,5 mm Al. Putkijännitteen lisäksi DAP-mittarin vaste (kalibrointikertoimen käänteisarvo) riippuu huomattavasti myös kokonaissuodatuksesta. Tämä riippuvuus säteilyn energijakaumasta aiheuttaa sen, että mittaria ei voi säätää näyttämään tarkasti oikein kaikilla säteilylaaduilla. Standardi vaatii myös, että DAP-mittauksen yhdistetty epävarmuus on enintään 25 % mittarin koko toiminta-alueella, mutta vaatimuksessa ei ole otettu huomioon eri suodatusten vaikutusta.

Standardin mukaan DAP-mittari on säädettävä näyttämään potilaaseen kohdistuvan säteilykeilan DAP-arvoa siinä tasossa, missä keila osuu potilaaseen. Tähän mitattavaan säteilykeilaan ei kuulu potilaasta siroava säteily. Vaatimus tarkoittaa, että mittari on säädettävä näyttämään säteilykeilan DAP-arvoa suunnilleen potilaiden kuvausetäisyydellä (FSD), mihin säteily tulee DAP-kammion läpi. Vaikka periaatteessa annoksen ja pinta-alan tulo on riippumaton mittausetäisyydestä, niin käytännössä siihen vaikuttaa säteilyn vaimeneminen ilmassa

sekä sironneen säteilyn määrän riippuvuus etäisyydestä. Käytännössä kaikkia DAP-mittareita ei ole säädetty tarkasti standardin mukaisella tavalla, eivätkä varsinkaan vanhat mittarit täytä kaikkia nykyisen standardin vaatimuksia.

Mittaustarkkuuden ja tulosten luotettavuuden parantamiseksi DAP-mittarit olisi kalibroitava, mikä tarkoittaa kalibrointikertoimen määrittämistä tarvittaville säteilylaaduille. DAP-mittarin käyttöönottovaiheessa sille olisi tehtävä kalibrointi, joka kattaa kaikki kliinisesti käytettävät säteilylaadut. Kalibrointi on syytä tarkistaa ainakin yhdellä säteilylaadulla kerran vuodessa ja useammalla säteilylaadulla vähintään kerran kolmessa vuodessa. Mittarin toimintakuntoa ja toimintaa on tarkkailtava ja seurattava jokaisen käynnistyksen ja käytön yhteydessä.

Kalibrointi

Kalibroinnissa määritetään kalibroitavan DAP-mittarin (kenttämittarin) kalibrointikerroin vertaamalla kenttämittarin näyttämää DAP-arvoa vertailuarvoon (”oikeaan arvoon”), joka saadaan vertailumittarin avulla. Kalibrointimenetelmästä riippuen vertailumittarina käytetään kalibroitua ilmakermamittaria (pinta-alamenetelmässä) tai DAP-mittaria (tandem-menetelmässä). Jotta tulos olisi vertailukelpoinen ja jäljittyisi kansainväliseen mittausjärjestelmään, vertailumittarin kalibrointi on tehtävä kalibrointilaboratoriossa. Myös kenttämittari voidaan kalibroida laboratoriossa, jos sen voi irrottaa röntgenlaitteesta. Tällöin kalibrointilaboratorio tarvitsee tarkan selvityksen mittarin käyttötarkoituksesta voidakseen tehdä kalibroinnin tarkoitukseen sopivalla tavalla.

Röntgenlaitteen DAP-mittari (kenttämittari) on kalibroitava siten, että mittaustulos vastaa mittarin läpi potilaaseen kohdistuvan säteilykeilan DAP-arvoa potilaan kohdalla. Jotta säteilypäästä kenttämittariin kohdistuvan hajasäteilyn osuus olisi kalibroinnissa yhtä suuri kuin potilastutkimusten aikana, on edullista suorittaa kalibrointi mittarin käyttöpaikalla. Jotta kalibroinnissa röntgenlaitteen säteilyntuoton mahdolliset vaihtelut eivät vaikuttaisi tulokseen, kenttämittarin ja vertailumittarin kammioiden on edullista olla säteilykeilassa samanaikaisesti. Vertailukammion on oltava riittävän kaukana kenttämittarin kammioista. Kammioiden lähellä säteilykeilassa ei saa olla sirontaa aiheuttavia rakenteita, laitteita eikä muita kappaleita.

DAP-mittarin vaste saattaa muuttua huomattavasti, kun siirrytään säteilylaadusta toiseen: erot voivat olla samankin röntgenlaitteen käyttöalueella jopa 30 %. Jos kalibroitavan kenttämittarin vaste muuttuu vain vähän röntgenlaitteessa käytettävien säteilylaatualueella, voi mittarin kalibrointi (tai mahdollinen säätäminen) yhdellä sopivalla säteilylaadulla antaa jossain tapauksessa riittävän tarkkuuden. Kun pyritään parempaan tarkkuuteen ja tulosten vertai-

lukelaisuuteen, pitäisi mittari kalibroida useammalla säteilylaadulla (eri suodatuksilla ja putkijännitteillä) ja käyttää potilaita koskevien mittaustulosten käsittelyssä kulloinkin todellista säteilylaatua vastaavaa kalibroitikerrointa. Korjattu mittaustulos saadaan kertomalla mittarin näyttämä kalibroitikerroimella. Kalibroinnin tarkkuus ja monipuolisuus (säteilylaatuja määrä ja sopivien laatuja valinta) vaikuttaa myös mittaustulosten tarkkuuteen.

Kalibrointi pinta-alamenetelmällä

Pinta-alamenetelmää käytetään yleisesti DAP-kenttämittareiden kalibroinnissa. Siinä mitataan ilmakerma (tai ilmaan absorboitunut annos) säteilykeilan keskiakselilla (etäisyys fokuksesta noin 50 cm–150 cm) ja keilan poikkileikkauksen pinta-ala (vertailukammion kohdalla noin 10 cm · 10 cm) filmin tai muun luotettavan kuvan avulla. Kuvan mittakaava ja kuvausetäisyys on tunnettava tarkasti. Kenttäkoon pitää olla niin suuri, että vertailukammio mahtuu kokonaan säteilykentän tasaiselle keskialueelle. Vertailussa käytettävä DAP-arvo lasketaan mitatun ilmakerman ja mitatun pinta-alan tulona. Ellei ilmakerman mittausetäisyys ole sama kuin kenttäkoon kuvausetäisyys, on mittaustulokset ensin muunnettava samalle etäisyydelle.

Jos annosmittarina käytetään hyvälaatuista ionisaatiokammiota, jonka herkkyys riippuu suhteellisen vähän säteilyn energiasta, pystytään annos (ilma-kerma) mittaamaan tarkasti kaikilla käytettävillä säteilylaaduilla. Säteilykeilan keskeltä mitattu annos ei kuitenkaan sisällä tietoa keilan ominaisuuksista mitta-alueen ulkopuolella ja puolivarjoalueilla, ja tässä mielessä menetelmällä saadaan todellisen DAP-arvon likiarvo. Käytännössä hajasäteily ja säteilykentän profiilien muoto vaikuttavat siten, että pinta-alamenetelmällä määritetyissä kalibroitikerroimissa esiintyy näennäistä riippuvuutta kenttäkoosta.

Kenttäkoon kuvaaminen ja määrittäminen kuvan perusteella vaatii huolellista työskentelyä. Kentän korkeus ja leveys mitataan kentän pääakselien suunnassa, puolivarjojen mustuman arvioiduista puoliarvokohdista. Filmit on säteilytettävä siten, että kentän keskialueen mustuma on selvästi pienempi kuin filmille ominainen maksimimustuma. Kenttäkoon määrittäminen asetusarvojen tai valokentän perusteella on epätarkkaa ja epäluotettavaa, ellei niiden yhteyttä säteilykentän kokoon ole erikseen testattu ja varmistettu.

Kalibrointi tandem-menetelmällä

Kalibrointi voidaan tehdä myös käyttäen tähän tarkoitukseen kalibroituja DAP-vertailumittaria. Tässä tandem-menetelmässä kalibroitavan kenttämittarin näyttämää verrataan määritelmän mukaiseen, vertailumittarilla mitattuun

annoksen ja pinta-alan tuloon. Tandem-menetelmässä vertailumittari asetetaan säteilykeilaan noin 30 cm:n etäisyydelle kenttämittarista ja mittaus suoritetaan samanaikaisesti molemmilla mittareilla. Kenttäkooksi vertailumittarin pinnalla asetetaan noin 8 cm · 8 cm. Säteilykentän puolivarjoineen pitää kokonaan mahtua vertailukammion alueelle.

Tandem-menetelmän avulla kalibrointi on helppoa ja nopeaa. Kenttäkokoja ja mittausetäisyyksiä ei tarvitse määrittää erikseen, joten kaikki niihin liittyvät työvaiheet ja epävarmuustekijät jäävät pois. Kalibrointia varten tarvitaan kuitenkin erityinen DAP-vertailumittari ja sille riittävän kattava kalibrointi. DAP-mittareilla vaste riippuu säteilylaadusta voimakkaammin kuin hyvälaatuisilla ilmakermamittareilla, joten säteilylaadun epävarmuuden aiheuttama kalibrointikertoimen epävarmuus on tandem-menetelmässä suurempi kuin pinta-alamenetelmässä.

Toimintakunnon seuranta

DAP-mittari on herkkä mittalaite, jonka toimintaa on syytä tarkkailla ja seurata käyttöohjeen opastamalla tavalla. DAP-mittareissa on yleensä testipainike, jonka avulla mittarin sähköinen toiminta voidaan tarkistaa. Suositeltavaa on tehdä päivittäinen tarkistusmittaus laitteiden käynnistämisen yhteydessä säteilyttämällä DAP-mittaria vakioasetuksia käyttäen (suodatus, putkijännite, kenttäkoko ja sähkömäärä), jolloin myös mittarin näyttämän pitäisi toistua melko vakiona. Tämän tarkistussäteilytyksen asetusarvot voidaan valita ensimmäisessä kalibroinnissa ja kirjata muistiin sitä vastaavat mittaustulokset ja kenttäkoko. Samalla voidaan arvioida myös vaihteluväli, jonka sisällä tulosten pitäisi pysyä. Tarkistusmittauksen tulokseen voivat vaikuttaa vaihtelut röntgenlaitteen säteilyntuotossa, kenttäkoon asettelussa, ilmanpaineessa ja lämpötilassa. Tulosten arvioinnin kannalta on hyödyllistä, että näitä tekijöitä koskevat tiedot ovat muistissa. Tarkistusmittauksen poikkeava tulos voi johtua myös siitä, että mittari tai röntgenlaite ei ole ehtinyt stabiloitua käynnistämisen jälkeen. Siksi poikkeavan tuloksen antanut mittaus kannattaa aina toistaa pari kertaa samoilla asetuksilla.

Seuraamalla tarkistusmittausten tuloksia graafisesti voidaan nähdä mahdolliset ajalliset muutokset. Muutoksia arvioitaessa on otettava huomioon kaikki tulokseen vaikuttavat tekijät. Jos todetaan, että muutos johtuu DAP-mittarista, on arvioitava uuden kalibroinnin tai mittarin korjauksen tarve. Vaikka tarkistusmittausten tulokset olisivatkin asetetun vaihteluvälin sisällä, pitäisi DAP-mittarin kalibroinnin pysyvyys tarkistaa ainakin yhdellä säteilylaadulla kerran vuodessa. Jos tulos poikkeaa edellisestä kalibroinnista yli 3 % ilman selvää syytä, on asia tutkittava tarkemmin ja harkittava uuden kalib-

roinnin tarve. Jos mittaria joudutaan korjaamaan tai säätämään, se on yleensä myös kalibroitava uudelleen. Joka tapauksessa on suositeltavaa, että DAP-mittari kalibroidaan kaikilla tarvittavilla säteilylaaduilla vähintään kerran kolmessa vuodessa.

Kirjallisuutta

1. International Electrotechnical Commission (IEC). Medical electrical equipment – Dose area product meters. IEC 60580 Second edition. Geneva: IEC; 2000.
2. Pöyry P. DAP-mittarin käyttö. Raportissa: Järvinen H (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2005. STUK-C4. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2005: 17–21.
3. Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen. STUK tiedottaa 1/2004. Helsinki; Säteilyturvakeskus: 2004.

RÖNTGENTUTKIMUSTEN LAADUNVARMISTUS

STUKin opasluonnos laitteiden teknisestä laadunvalvonnasta – tavoitteet ja tilanne

Hannu Järvinen
Säteilyturvakeskus

Oppaan tarkoitus

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (423/2000) 32 §:n mukaan laadunvarmistusohjelmassa on esitettävä päätehtävät, jotka kuuluvat radiologisten laitteiden toimintakunnon ja suoritusominaisuuksien valvontaan. Asetuksen mukaan laitteen toiminta on tarkistettava erityisesti:

- ennen laitteen käyttöönottoa (vastaanottotarkastus)
- määrävälein laitekohtaisten ohjeiden mukaan
- merkittävän korjauksen tai huollon jälkeen
- kun on aihetta epäillä laitteen toiminnan häiriintyneen tai muuttuneen.

Myös uudessa ohjeessa ST 3.3 edellytetään, että laitteiden toimintakuntoa ja suoritusominaisuuksia on valvottava laitekohtaisten ohjeiden mukaan.

Laadunvalvontaohjelmien laadinnan tueksi STUK valmistelee STUK tiedottaa-sarjassa julkaistavaa opasta terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvonnasta. Oppaan tarkoituksena on

- antaa laadunvalvonnasta vastaaville yksityiskohtaista tietoa laadunvalvonnan periaatteista ja menetelmistä
- toimia apuna *laitekohtaisten laadunvalvontaohjelmien* laadinnassa
- antaa käyttäjille ja testien suorittajille tietoa laadunvalvontatesteistä, niiden tarkoituksesta ja suoritustavoista.

Oppaan sisältö

Oppaassa tullaan käsittelemään kaikkien erityyppisten terveydenhuollon röntgentutkimuksissa käytettävien röntgenlaitteiden laadunvalvontaa. Näihin kuuluvat:

- röntgenputket ja generaattorit (sisältäen valotusautomaatiikan, telineen ja kuvauspöydän projektiokuvauksessa)

- filmi-vahvistuslevy-järjestelmä (kasetit, filmin kehitys, pimiö, valotaulut)
- KV-TV-ketjuun perustuvat läpivalaisulaitteet
- tietokonetomografialaitteet
- kuvalevyt
- litteät kuvailmaisimet (suoradigitaalilaitteet)
- kuvamonitorit.

Lisäksi käsitellään sovellutuskohdaisesti joitakin laadunvalvonnan erityispiirteitä, kuten mammografialaitteiden ja toimenpideradiologian laitteiden laadunvalvontaa.

Oppaan sisältö on rakenteeltaan suunniteltu seuraavaksi:

- yleiset ohjeet: muun muassa röntgenlaitteen ”linkaari”, laadunvalvontatietien käsitteet
- yhteenveto toimintatesteistä kullekin laiteryhmälle (taulukot): testin nimi, tarkoitus, suoritusväli ja toimenpiderajat (korjausraja ja hyväksyttävyyssraja)
- kokoelma testien suoritus-esimerkkejä
- testitulosten taulukointi- ja seurantamalleja.

Testimenetelmien osalta ei esitetä suosituksia, vaan ainoastaan *esimerkkejä* suoritustavoista. Esimerkeissä kuvataan testin tarkoitus, tarvittavat mittarit ja välineet sekä yksityiskohtaiset työvaiheet. Testausmenetelmiin ja tarvikkeisiin on usein olemassa muitakin vaihtoehtoja kuin esimerkeissä kuvattavat menettelyt. On myös kehitetty testimenetelmiä, joissa yhdellä testauskerralla voidaan tarkastella useita eri suoritusominaisuuksia. Kuvalevyjen testauksissa käytettävät asetukset ja kohdeohjelmat riippuvat käytetystä järjestelmästä, jonka vuoksi niihin soveltuvat asetukset on selvitettävä laitetoimittajan kanssa (myös julkaistuja asetusarvoja on saatavissa).

Opasluonnoksen valmistelussa käytetään pohjana muun muassa seuraavaa lähdekirjallisuutta:

- AAPM:n raportit (erityisesti kuvamonitorit)
- IPEMin raportit (UK)
- EUREFin suositukset (mammografia)
- KCAREN testausprotokollat (King’s Centre for the Assessment of Radiological Equipment, UK).

Oppaan käyttö

Toiminnan harjoittajan laadunvalvontaohjelmat voivat perustua oppaassa esitetäviin menetelmiin. Ohjelmat on kuitenkin harkittava laitekohtaisesti ja testien

valinnassa on otettava huomioon myös laitevalmistajien antamat ohjeet ja suositukset; laitevalmistaja voi esimerkiksi edellyttää muita testejä tai testivälejä kuin oppaassa esitetyt.

Työvaihe

Oppaasta on valmistunut ensimmäinen luonnos, jota käsiteltiin STUKin järjestämällä Röntgentekniikan asiantuntijoiden neuvottelupäivillä marraskuussa 2005. Luonnoksen jatkotyöstäminen tapahtuu pienen työryhmän avulla, johon kutsutaan myös muutama STUKin ulkopuolinen asiantuntija. Tavoitteena on oppaan julkaiseminen vuoden 2006 loppuun mennessä.

RÖNTGENTUTKIMUSTEN LAADUNVARMISTUS

Digitaalisten kuvareseptorien laadunvalvonta

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 toimintakunnan valvonta. STM:n asetuksen (423/2000) mukaan laadunvarmistustoiminnot on määriteltävä kirjallisesti laadunvarmistusohjelmassa (18 §), ja laadunvarmistusohjelmassa on esitettävä laitteiden toimintakunnan ja suoritusominaisuuksien valvontaan kuuluvat päätehtävät (32 §). Digitaalisessa kuvantamisessa laitteiston merkitys kuvanlaadulle on suurempi kuin perinteisessä filmi/vahvistuslevy-kuvauksessa, joten laitteiston laadunvarmistukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Nyt käytössä olevissa digitaalisissa kuvantamislaitteissa (levykuvantaminen ja suoradigilaitteet) laitteen käyttäjä ei näe lopullista kuvanlaatua käyttöliittymän monitorilla [2]. Kuva näkyy käyttöliittymän monitorilla kuvalle 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 perusteella täytä kuvan diagnostiikan vaatimuksia [2].

Käyttäjän tulisi pystyä luottamaan kuvauslaitteiston toimintaan, käyttöliittymän näytöllä näkyvään kuvaan ja siten hyväksyä kuva laitteiston antamien kuvaustapahtumaan liittyvien jälkinäyttöjen avulla. Tämän vuoksi käyttäjän on otettava säännöllisin väliajoin testikuvia käyttöön soveltuvasta testilevystä vakioiduilla kuvausarvoilla. Kun tulos vastaa vertailukuvaa ja kun kuvanta-

mistapahtumaan liittyy jatkuva palaute kuvan tulkinnasta, voi käyttäjä luottaa laitteiston tuottamaan kuvanlaatuun.

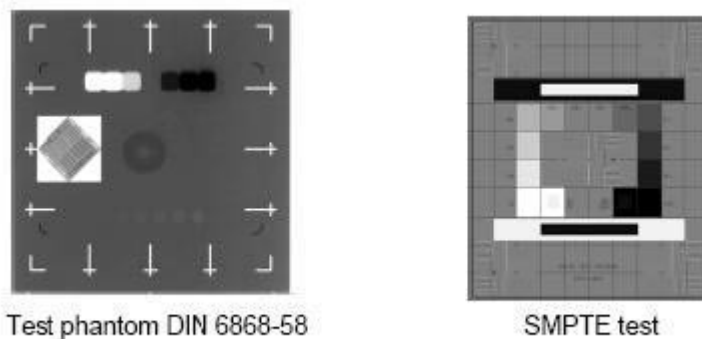
Kuvantamisjärjestelmät vaativat vakioidun käyttöympäristön sekä säännöllisen kalibroinnin [2]. Digitaalisten järjestelmien dynamiikka on suuri ja siten ns. valotusvara on erittäin laaja: digitaalidetektorit pystyy muodostamaan kuvan laajalla suhteellisella nopeudella esim. 25–3 200 [3]. Järjestelmän dynamiikan tunnistaminen on yksi laadunvarmistuksen kohteista. Kuvantamisjärjestelmissä olevat annosindikaattorit kertovat käyttäjälle lukuarvona, mitä suhteellista annostasoa on käytetty kuvauksissa. Annosindikaattori (esim. EI-arvo, S-arvo ja LgM-arvo) on luotettava, kun se on säännöllisesti kalibroitu.

Digitaalisen kuvantamisen kuvanlaadun seuranta aloitetaan uuden laitteiston käyttöönotosta ja vastaanottotarkastuksesta [4], ja sitä jatketaan laitteen vaatimien kalibrointien ja laadunvarmistustoimenpiteiden mukaisesti.

Laadunvalvonta

Käyttöliittymän kuvamonitori

Laitteiston toiminnan seuranta alkaa järjestelmän käyttöliittymän kuvamonitorin katseluolosuhteiden ja kuvanlaadun arvioinnilla. Järjestelmään taltioituilla testikuvilla (SMPTE test, ks. oheinen kuva) arvioidaan monitorin kuvan katseluolosuhteita ja kuvanlaatua [5]. Jos järjestelmään ei ole tallennettu testikuvia, voidaan kuva tuottaa käyttäen apuna soveltuvaa testilevyä (esim. standardiin DIN 6868-58 perustuvat testilevyt, oheinen kuva [6]). Kuvattavan testilevyn tulee sisältää erilaisia kontrastitasoja, erottelukyky-testikohteen, alueet kuvan homogeenisuuden määrittämiseksi, sekä kuvan koon tunnistamiseen ja säteilykeilan keskitykseen soveltuvia kohteita [7]. Monitorin toiminnan ja katseluolosuhteiden tuloksia verrataan lähtöarvoihin sekä raja-arvoihin. Kuvan arvioinnin yhteydessä tulee tunnistaa kuvausarvojen jälkinäyttöjen sekä annosindikaattorien avulla röntgenlaitteiston toiminta.



Kuva. DIN-standardin mukainen kuvanlaadun testilevy ja SMPTE-testikuva.

Kuvauslaitteisto ja kuvareseptori

Röntgenlaitteiston ja digitaalidetektorin toimintaa arvioidaan kuvattaessa testilevyä (esim. DIN 6868-58 perustuvat testilevyt, oheinen kuva [6]). Testilevystä otetun kuvan avulla arvioidaan koko laitteiston toimintaa (röntgenputki/generaattori, automaattinen lisäsuodatus kaihtimessa, valotusautomaatti, kuvareseptori sekä hajasädehila). Testilevy kuvataan kiinteillä kuvausarvoilla tai valotusautomaattia käyttäen. Kuvaus suoritetaan kahdella tai useammalla eri suhteellisella nopeusvalinnalla, esim. 50, 200 ja 800. Suhteellisen nopeuden vaihdon avulla arvioidaan järjestelmän dynamiikkaa, annosindikaattorin toimintaa, annoksen vaikutusta kuvan erottelukykyyn ja kohinaan sekä mahdollisiin järjestelmän virhetoimintoihin, esim. levykuvantamisessa kuvalevyn tyhjennyksen toimintaan. Kuvanlaadun ja kuvissa ilmenevän kohinan arvioinnissa voi kuvantamisjärjestelmä sisältää toimintoja, jotka määrittelevät ohjelmallisesti kuvanlaatua (kuvan tasaisuus, kontrastitoisto ja erottelukyky). Kuvauksen yhteydessä tunnistetaan röntgengeneraattorin mAs-arvon jälkinäyttö, mahdollinen annosindikaattorin näyttö sekä DAP-mittarin näyttämä. Tunnistettujen tietojen ja vertailuarvojen avulla voidaan varmistaa kuvauslaitteiston toiminta.

Laadunvalvontaopas

STUKin koordinoimana on valmisteilla terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas, jossa määritellään tarkemmin laadunvalvonnan tarkistuskohteet ja tarkistusvälit ja annetaan esimerkkejä testien suorittamistavoista. Digitaalisten kuvareseptorien osalta oppaan valmistelussa on pohjana käytetty englantilaisen testauslaitoksen (KCARE) julkaisemia testausohjelmia [8].

Taulukko. Digitaalisten kuvareseptorien laadunvalvontatestejä [8].

Testi	Tarkoitus	Pika-testi	Tarkempi testi
Annos-indikaattorin arvo	Järjestelmän herkkyuden arviointi, kuvareseptorin säteilytyksen ja annosindikaattorin välisen suhteen vakioisuuden määrittäminen. Annosindikaattorin arvon toistettavuuden testaus.	x	x
Kuvan tasaisuus	Kuvanlaadun arviointi kuvan tasaisuuden perusteella. Kuvissa ei saa näkyä ilmeisiä kuvavirheitä (artefacts).	x	x
Kontrastikyky	Kuvanlaadun tarkistus pienikontrastisten yksityiskohtien näkyvyyden perusteella.	x	x
Paikkaerotuskyky	Kuvanlaadun tarkistus suurkontrastisten yksityiskohtien erotuskyvyn perusteella.	x	x
Kohina	Järjestelmän tuottaman kuvan kohinatason määrittäminen.		x
Kuvan epätarkkuus, vääristymät ja nidontavirheet	Paikallisten epätarkkuuksien testaus ja nidontavirheiden testaus, jos järjestelmässä on enemmän kuin yksi ilmaisinelementti (suoradigilaitteet).		x
Lineaarisuus ja järjestelmän kalibrointi	Kuvareseptorin annoksen ja kuva-alkion pikseliarvon välisen vastaavuuden määrittäminen. Annosnäytön lineaarisuuden määrittäminen.		x
Skaalausvirheet	Kuvankatseluohjelmiston etäisyysosoitinten tarkkuuden ja kuvan vääristymien tarkistaminen.		x
Jäännöskuva Tyhjennystehtokkuus (kuvalevyt)	Jäännöskuvan eli haamukuvan arviointi.		x

Laadunvalvontaoppaan valmistelun yhteydessä on ollut esillä, että laadunvalvontatestit on hyvä jakaa laitteiden käyttäjän tekemiin, useammin toistettaviin testeihin (pikatestit) ja fyysikon tai laiteasiantuntijan laitteiston vastaanotto-tarkastuksessa, huoltotoimenpiteiden yhteydessä tai määräajoin (esim. vuosittain) tekemiin arviointeihin (tarkemmat testit). Oheisessa taulukossa on listattu tärkeimmät digitaalisten kuvareseptorien laadunvalvontatestit, jotka sisältyvät KCARE:n julkaisemiin testiohjelmiin.

Yhteenveto

Kuvantamisjärjestelmän tuottaman kuvan arviointi tehdään jokaisen kuvauksen jälkeen. Kuvausarvojen ja jälkinäyttöjen seuranta antaa mahdollisuuden kuvanlaadun ja laitteiston toiminnan tarkkailuun. Kuvanlaadun arviointi kuvantamisjärjestelmien ohjelmien tai erillisen ohjelasovelluksen avulla tulee tehdä säännöllisin väliajoin, kalibrointien yhteydessä sekä laitteen huollon ja ohjelmistopäivityksen jälkeen. Kuvanlaadun arvioinnin toteutuminen vaatii yhteistyötä laitetoimittajan kanssa, kuvauslaitteistoon on tehtävä testilevyn kuvaukseen soveltuva kohdevalinta, jonka avulla tulee myös testatuksi kuvankäsittelyyn liittyvien ohjelmien toiminta. Palaute työasemilta kuvanlaadusta tulee olla säännöllistä, ja myös kommentit palautteeseen johtaneesta kuvasta pitää saada. Vain näin voidaan vakiodia kohdekohtainen kuvantamisprosessi.

Testilevyjen ja kuvantamislaitteiden valmistajat antavat kuvanlaadulle vertailuarvoja sekä hyväksyttävyyssrajoja [6]. Laitevalmistajilla on omat laitekohtaiset sovellukset kuvanlaadun ja järjestelmien toimintojen arviointiin.

Laadunvalvonnan hyödyllisyyttä, sisältöä ja määrää tulee seurata ja arvioida 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., Philips, Digital Diagnost specifications (4512 158 10741/712 2001-09)
3. Trixell Pixium, www.trixell.com
4. STM:n asetus 423/2009
5. SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers)
<http://brighamrad.harvard.edu/research/topics/vispercep/tutorial.html>
6. DIGRAD, Test Phantom for Digitale Radiography (Pehamed, www.pehamed.com), Test Tool DIGI-13, (Scanditronix Wellhöfer, www.scanditronix-wellhofer.com), Test object NORMI 13 (PTW, www.ptw.de)
7. Dimond III, www.dimond3.org
8. KCARE, www.kcare.co.uk

RÖNTGENTUTKIMUSTEN LAADUNVARMISTUS

Digitaalisten mammografialaitteiden laadunvalvonta

Paula Pöyry
Säteilyturvakeskus

1. Johdanto

Hyvä kuvanlaatu on erityisen tärkeää mammografiassa, koska menetelmää käytetään oireettomien naisten seulonnassa ja tarkoitus olisi löytää mahdolliset poikkeavuudet mahdollisimman pienikokoisina. Mammografiassakin ollaan siirtymässä digitaaliseen aikakauteen, jossa kuvan tuottoteknologia, prosessointi ja tarkastelutapa ovat hyvin erilaisia konventionaaliseen kuvantamiseen verrattuna. Tämä tuo myös laadunvarmistukselle uudenlaisia vaatimuksia. Yleiset laadunvalvonnan perusteet pysyvät digitaalisessa kuvantamisessa samana kuin aikaisemmin konventionaalisille laitteille. Laitteelle tulee tehdä vastaanottotarkastus, jonka jälkeen seuranta jatkuu toimintatestein päivittäin tai viikottain ja puolivuositain tai vuosittain.

Konventionaalisen mammografialaitteen laadunvalvontaa on ohjeistettu STUKin ohjeessa ST 3.2. Toistaiseksi samaa mallia on käytetty myös digitaalisten laitteiden laadunvarmistukseen Suomessa. Tässä tekstissä on käsitelty digitaalisen mammografialaitteen laadunvalvontaa yleisellä tasolla. Tarkempi ohjeistus testien tekemiseen löytyy Euroopan komission julkaisemasta laadunvalvontaohjeesta (European Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Mammography Screening), jossa on erillinen osa myös digitaalisille mammografialaitteille. Ohje on saatavilla internetistä Eurefin sivuilta (www.euref.org).

2. Taustaa ja teoriaa

Digitaalisessa kuvantamisessa on kaksi päätyyppiä: CR (computed radiography) ja DR (direct radiography). Suomessa digitaalisia mammografialaitteita on käytössä vielä vähän ja DR-laitteita vain koekäytössä. Digitaalisessa kuvantamisessa tuotetaan ensin ns. raakakuva (raw image, for processing), jossa pikselin (picture element) lukeman pitäisi vastata säteilynmäärää detektorilla lineaarisesti tai jonkun muun tunnetun funktion mukaisesti. Usein tälle raakaku-

valle on jo tehty joitain kuvareseptorista riippuvia korjauksia (esim. kuolleiden pikseleiden korjaus), mutta sen jälkeen kuvalle suoritetaan vielä varsinainen prosessointi ja näin saadaan lopullinen kuva (for presentation), joka esitetään monitorilla tai tulostetaan. Prosessointi suoritetaan kuvan histogrammin ja rakenteen perusteella, joten se tapahtuu eri kuville eri tavoin. Se on yleensä niin sanottu ”musta laatikko”, jonka vaikutusta kuvaan ei useinkaan tiedetä ja jonka testaus on hankalaa. Koska prosessointi on (toivottavasti) kehitetty potilaskuvien prosessointiin, se saattaa aiheuttaa kummallisuuksia fantomikuvauksissa. Sen arvioinnissa tulisikin käyttää klinisiä kuvia tai antropomorffisia (eli potilaskohteen rakenteen omaavia) fantomeita.

3. Laadunvalvonta

Digitaalisessa kuvantamisessa kolmen eri vaiheen, kuvantuoton, prosessoinnin ja näytön laatu voidaan tarkistaa erillisesti. Säteilyn tuotto ja rinnan puristus tapahtuvat samalla tavalla myös digitaalisessa kuvantamisessa. Ohjeen ST 3.2 kriteerit koskien säätöarvoja (2)*, säteilykeilan kohdistusta kuvareseptorille (4), rinnan puristusvoimaa (5) ja mahdollisen hilan vaikutuksia (6) säilyvät suunnitteen samantyyppisinä. Myös mammografian annosmittaukset säilyvät samantyyppisinä kuin konventionaalisessa kuvantamisessa. Uusissa DR-laitteissa usein kaikki annoslaskentaan tarvittavat tiedot tallentuvat kuvatietoihin (Dicom headeriin). Jos laitteen säteilyntuotto on mitattu, annoslaskenta voidaan helposti automatisoida, jolloin se voidaan suorittaa nopeasti isollekin potilasjoukolle.

3.1 Kuvan tuotto

Kuvareseptorin erilainen teknologia tuo muutoksia laitteen laadunvalvontaan. Monet testeistä voidaan tehdä hieman soveltaen samalla tavalla kuin konventionaalisille laitteille. Ennen filmeistä mitattiin optista tiheyttä, joka korvautuu nyt keskimääräisen pikseliarvon mittauksella sopivaa ROI-aluetta (region of interest) käyttäen. Tämä voidaan tehdä tietokoneella ja tulevaisuudessa yhä useammin automaattisen ohjelman avulla. Uusilla detektoreilla säteilyntuotto tulisi optimoida siten, että kuvaan saatava informaatio olisi mahdollisimman suuri verrattuna säteilytyksestä saatavaan annokseen ja siitä syntyvään riskiin. Jotta laitteen säteilyn- ja kuvantuoton laatu voidaan tarkastaa erillisesti, pitäisi aina käyttää raakadataa (tai jos ei saatavilla, niin mahdollisimman vähän prosessoitua dataa). Prosessointi ei lisää kuvaan informaatiota, mutta se saattaa muuttaa sitä. Mammografiassa kuten muissakin kuvantamismuodoissa ongel-

*) Suluisissa olevat numerot viittaavat STUKin ohjeen ST 3.2 liitteessä A annettujen hyväksyttyvyyskriteerien esitysjärjestykseen.

mana on usein, että kuvat saadaan ulos vain prosessoidussa muodossa ja tällöin laadunvarmistusmittausten tekeminen on hankalaa ja osittain mahdotonta.

3.1.1 Valotusautomaatti

Vaatimukset annosnopeudelle (1) ja valotusautomaatin toiminnan säätö (3) pitäisi optimoida uudelleen uusille detektorityypeille. Usein tässä on käytetty suoraan arvoja konventionaalisesta kuvantamisesta, jolloin tästä voi aiheutua suuriakin eroja optimaalisiin arvoihin verrattuna. Valotusautomaatin toiminnan tarkistus on erityisen tärkeää, koska suuret annokset voivat digitaalisessa kuvassa jäädä helposti huomaamatta. Perustavaa laatua oleva kysymys on, tulisiko valotusautomaatti säätää edelleenkin siten, että pyritään saamaan aina vakioannos detektorille. Tämähän oli filminteknologian aiheuttama vaatimus konventionaalisessa kuvantamisessa, mutta digitaalisilla detektoreilla vakioannos ei ole enää kuvanlaadun kannalta välttämätön.

3.1.2 Kuvanlaatu

ST-ohjeessa annetaan lyhyesti kriteerit myös kuvanlaadulle (7). Konventionaalisessa kuvauksessa erotuskyvyn tulisi olla vähintään 12 viivaparia/mm, mitä nykyisillä digitaalisilla kuvareseptoreilla ei voida saavuttaa. Konventionaalisessa kuvauksessa myös kontrasti oli tärkeä parametri, ja saatavaan kontrastiin pystytään vaikuttamaan lähinnä valitsemalla sopiva putkijännite jo kuvausvaiheessa. Digitaalisessa kuvassa kontrastia voidaan säätää myös valmiissa kuvassa, mutta samalla kohinaa muuttaen, siksi tärkeämpi parametri onkin kontrasti-kohina- tai signaali-kohinasuhde. Eri kuvanlaatuparametrien mittaukseen olisi helpointa käyttää valmiita tähän tarkoitukseen tarkoitettuja fantomeita (kudosvastineesta valmistettuja testikappaleita, esim PMMA-levyt, CDMAM, MTF-testikappale). Fantomimittausten etuna on myös se, että näiden tulosten analysointi voidaan nykyään suorittaa usein automaattisesti.

Eurefin ohje suosittelee käyttämään standardipaksuisen rinnan kuvanlaatumittauksessa mammografiaan erityisesti kehitettyä kontrasti-yksityiskohtafantomia (CDMAM), jolla voidaan testata eri suuruisten (leveys ja paksuus) kultalevyjen näkyvyyttä. Näiden kuvien lukeminen on aikaa vievää ja tylsää. Onneksi tähänkin on kehitetty ohjelmia, joiden avulla kuvasta voidaan laskea ideaalisen havaitsijan mallia käyttäen mitkä levyistä voidaan havaita ja mitkä ei. Kuvanlaatua muilla paksuuksilla arvioidaan ja verrataan standardipaksuudella saatavaan tulokseen kontrasti-kohinasuhde-mittausten avulla.

3.1.3 Kuvareseptori

Reseptorin vastefunktio (pikselilukema annoksen funktiona) tulisi määrittää ja

verrata valmistajan antamiin arvoihin. Lisäksi pitäisi mitata kohinatasoa, kuolaiden pikselien määrää, kuvan tasaisuutta, haalistumista (CR) ja mahdollisia haamukuvia. Ohjeet testien suorittamiseen löytyvät Eurefin julkaisusta.

3.2 Prosessointi + CAD ohjelmat

Prosessoinnin ja CAD (computer aided detection)-ohjelmien testaus on erittäin hankalaa, koska tarkasteltavien kuvien pitäisi olla kliinisiä ja todellisen tilanteen (kultainen standardi) olla tiedossa. Koska potilaskuvat ovat aina erilaisia, jossakin tilanteessa hyvin toimiva prosessointi saattaa toisessa tilanteessa pilata koko kuvan. Prosessoinnin testaukseen ei ole vielä rutiinimenetelmää, mutta mahdollista olisi esim. raakadata-muodossa olevien testikuvien käyttö. Tällöin tarvittaisiin kuitenkin mahdollisuus testata prosessointia käyttäen erilaisia kliinisiä raakakuvia, mutta valmistajat eivät yleensä tarjoa käyttäjälle tällaista mahdollisuutta.

3.3 Kuvan esitys

Parhainkaan röntgenlaite, detektori tai prosessointi eivät ole riittäviä, jos kuvamonitori ja kuvien tarkasteluolosuhteet ovat vääränlaiset. Kuvauskasettien testaus (8) jatkuu digitaalisen kuvantamisen aikakaudella ymmärrettävästi vain CR-kaseteilla. Filmin kehitys (9) jää pois, mutta tilalle tulee kuvan esityksen (display) laadun seuranta. Jos kuva halutaan vielä printata filmille, tulee myös tämän prosessin laatua tarkkailla testikuvien. Kuitenkin tulee muistaa, että parhaiten digitaalisen kuvantamisen tuomia etuja päästään käyttämään, jos kuvien analysointi suoritetaan kuvamonitoreilta.

Kuvamonitorien testaus tulisi suorittaa samanlaisissa olosuhteissa kuin miten niitä käytetään kliinisessä työssä. Esimerkiksi taustavalon mittaus on tärkeä osa testiä, mutta sen mittaus ei ole järkevää, jos taustavalo säädetään tarpeeksi matalalle vain testauksen aikana. Hyväksyttävyyss- ja pitkäaikais-testauksessa (puolivuositain ja vuosittain) on tärkeää tarkastaa, että kuvan harmaaskaalan esitysfunktio (GSDF, Gray scale standard display function) on DICOM 14 -yhteensopiva, käyttäen protokollien mukaisia testikuvia (esim. DIN 6868-57-2001, AAPM TG 18, SMPTE RP 133-1991). Protokollat antavat myös erilaisia testikuvia kuvamonitorien päivittäiseen tarkastukseen, mutta nämä ovat staattisia ja tarkastukset ovat usein aikaa vieviä ja klinikolle hankalia. Kuvamonitorien testaus sisältää ymmärrettävästi aina visuaalista tarkastelua, mutta tälläkin saralla toimenpide pyritään tekemään mahdollisimman helpoksi ja automaattiseksi. Hyvä esimerkki on Belgiassa kehitetty MoniQA-ohjelma (Monitor Quality Assurance / Jurgen Jacobs, Leuven), jossa yhdistyy dynaaminen testikuva ja tulosten keruu ja analysointiohjelmisto. Se on validoitu, sen avulla

voidaan havaita vähintään samat ongelmat kuin muiden testikuvien avulla ja testin suorittaminen sujuu nopeammin.

4. Tulevaisuuden näkymät

Tämän hetken vaatimukset laitteen suorituskyvylle perustuvat konventionaalisella laitteella (joka täyttää eurooppalaisen protokollan vaatimukset) saataviin arvoihin. Tätä pidetään usein vähimmäisvaatimuksena digitaalisessa kuvantamisessa, mutta se ei välttämättä ole optimi. Voidaan esimerkiksi kysyä onko enää tarvetta vaatia vakioannosta detektorilla kaikille eri rinnan paksuuksille, koska se ei ole digitaalisen detektorin vaatimus. Säteilylaatuojen ja annoksen optimointi tulisi suorittaa uudelleen uusille detektoreille.

Jotta laitteen säteilyntuoton ja tuotetun kuvan laatu voidaan tarkastaa kuvan prosessoinnista riippumattomasti, täytyy kuvan raakadatan olla käytettävissä. Laitteiden laadunvalvonnalle olisi tämän vuoksi suurta hyötyä, jos laitevalmistajat tarjoaisivat mahdollisuuden raakadatan (ja myös pikselikartan) saantiin.

Digitaalisessa kuvantamisessa tietokone on tärkeä osa laadunvalvontaa. Koska kuvatiedot ovat jo valmiiksi digitaalisessa muodossa, tulevaisuudessa on mahdollista käyttää yhä enemmän valmiita ohjelmia laadunvalvonnassa. Laadunvalvonta voidaan esimerkiksi keskittää siten, että toimipisteet tuottavat tietyt laadunvalvontakuvat sovitulla tavalla ja lähettävät datan analysoitavaksi muualle.

Lisätietoa

1. European Protocol for the quality control of the Physical and Technical Aspects of mammography Screening (www.euref.org).
2. Mammografialaitteet ja niiden käyttö, Ohje ST 3.2. Säteilyturvakeskus (13.8.2001).

RÖNTGENTUTKIMUSTEN LAADUNVARMISTUS

Kuvamonitorien laadunvalvonta

Päivi Laarne

PSHP Alueellinen kuvantamiskeskus

Johdanto

Lääketieteellisissä sovelluksissa käytettävät kuvamonitorit ovat kuvauslaitteiden digitalisoinnin myötä nousseet merkittäväksi osaksi koko kuvantamisketjua. Niiden avulla analysoidaan, lausutaan ja katsellaan ominaisuuksiltaan hyvin erityyppisiä lääketieteellisiä kuvia. Näytöille asetettavat perusvaatimukset (mm. kuvaputkinäyttö (CRT) vs. nestekidenäyttö (LCD), resoluutio, kontrastierotuskyky, valoisuus [1–2]) tulee ottaa huomioon jo näyttöjen hankintavaiheessa. Hyvän käytännön mukaisesti näytöille tehdään vastaanottotarkastus sekä käytönaikaista laadunvalvontaa säännöllisesti.

Näyttöjä on kuvauslaitteiden konsoleina (eli ns. käyttöliittymän kuvamonitoreina; myös läpivalaisukuvien näyttöön), erillisinä sanelu- tai kuvatyöasemina sekä lähes joka käyttäjän käytössä olevina perusnäyttöinä. Kuvamonitorien ominaisuuksien lisäksi tietokoneen muu varustus (esim. näyttöohjain ja sovellus kuvien katselemiseen) valitaan käyttötarkoituksen mukaan ja se vaikuttaa kuvanlaatuun. Kuvia myös katsellaan hyvin erilaisissa tiloissa ja olosuhteissa, esim. radiologien työtiloissa, potilasvastaanotoilla ja leikkaussaleissa.

Näytöt jaetaan käyttötarkoituksen mukaan diagnostisiksi (primääri-) ja kliinisiksi (sekundääri-) näytöiksi. Näille on annettu erilaiset hyväksymisrajat siten, että diagnostisille näytöille, joista kuvia analysoidaan ja lausutaan, laadunvalvontaparametreille asetetut hyväksymisrajat ovat tiukemmat.

Lainsäädännössä annetut lääketieteellisten röntgentutkimuslaitteiden laadunvalvontavaatimukset koskevat myös kuvamonitoria, joka on tärkeä kuvanlaatuun vaikuttava laitteiston osa. Kuvamonitorien laadunvalvonnasta ei tois- taiseksi ole julkaistu kotimaista opasta. STUK on käynnistänyt työn, jonka tavoitteena on terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaa koskevan oppaan laatiminen, ja oppaassa tullaan käsittelemään myös kuvamonitorien laadunvalvontaa. Monitorien laadunvalvontaan liittyvää materiaalia ja suosituksia löytyy mm. NEMA-DICOM- ja DIN V 6868-57 -standardeista sekä uusim- pana AAPM:n TG18 -suosituksesta [3–5]. Myös kuvamonitorien toimittajilla on laitekohtaisia ohjeita laadunvalvontaan.

Vastaanottotarkastus ja käytönaikainen laadunvalvonta

Käyttöönottovaiheessa näytön asetukset tulisi säätää käyttötarkoitukseen sopiviksi. Näytön maksimi- ja minimivalomäärä asetetaan kontrasti- ja kirkkaus-säätimillä. Uudemmissa näytöissä näiden säätäminen on tehty käyttäjälle liki mahdolliseksi, ja kuvien kontrastin säätämiseen tuleekin käyttää kuvankat-seluohjelmien toimintoja. Toisaalta erikoisnäytöissä näytön kirkkautta ja kont-rastia voidaan seurata ja säätää automaattisesti (DICOM Greyscale Standard Display Function).

Laadunvalvontaan voidaan käyttää testikuvia, joita arvioidaan silmä-määräisesti, ja mitattavia suureita, joilla saadaan kvantitatiivista tietoa näytön ominaisuuksista (luminanssi, illuminanssi, kohina, resoluutio). AAPM:n suosi-tuksissa [5] on kuvattu hyvin kattavasti näitä menetelmiä. Vastaanottotar-kastuksen yhteydessä monitorille saadaan vertailuarvot, joihin käytönaikaisen laadunvalvonnan mittaustuloksia verrataan. Käytönaikaisen laadunvalvonnan suoritusväleiksi AAPM suosittaa päivittäin visuaalisen tarkastuksen, kuukausit-tain tai neljännesvuosittain tarkemman testin sekä vuosittain laajan testin.

Kuvamonitorin laadunvalvontatestit tulisi suorittaa siten, että näyttö on ollut päällä puolisen tuntia (koskee erityisesti kuvaputkinäyttöjä) ja se on puhdis-tettu pölystä ja sormenjäljistä. Näytöille, joissa on heijastusta estävä pintakä-sittely, tulee käyttää sille soveltuvia puhdistusaineita. Visuaalinen tarkastelu ja mittaukset tulee suorittaa ja toistaa vakioiduissa olosuhteissa siten, että näytöllä ei ole silminnähtäviä heijastuksia esim. valaistuksesta tai ikkunoista. Mielestäni luotettavimman tuloksen testeistä saa, kun ne tekee niissä olosuh-teissa kuin näyttöä yleensä käytetään – tämä voi toki antaa aiheen muuttaa katseluolosuhteita, mikäli niissä havaitaan puutteita.

Pitkään käytetty visuaalinen testimenetelmä on ollut ns. SMPTE-testi-kuvan tarkastelu monitorilla [6] (AAPM:llä on testikuva vastaavaan tarkoi-tukseen). Sen avulla on helppo nopeasti tarkistaa harmaasävyportaiden erot-tuminen, kontrastin erotuskyky tummalla ja kirkkaalla alueella (dynamiikan ääripäissä), ja korkea- ja matalakontrastisten kohteiden resoluutio (viiva-parien näkyminen) sekä vääristymät (kuvaputkimonitorit) ja artefaktat. AAPM:llä on myös muutamia anatomisia kuvia, joista tarkastellaan määrät-tyjen kohteiden näkyvyyttä. Kuvamonitorien päivittäistä laadunvalvontaa ajatellen tulisi jokaisen kuvian katsovan pystyä helposti hakemaan testikuva näytölle, tai systeemin näyttää kuva automaattisesti, sekä tekemään tarvit-tavat havainnot testikuvasta. On myös kehitetty tietokoneohjelmia, ja niitä on myös kaupallisesti saatavilla, joiden avulla kuvamonitorin laadunvalvon-tatestit voidaan järjestelmällisesti suorittaa.

Tarkemmissa laadunvalvontamittauksissa mitataan lisäksi taustavalon määrä, testikuvista eri harmaasävyportaiden luminenssi (sis. maksimi- ja mini-

miluminenssin), valoisuuden tasaisuus näytön eri osissa ja resoluutio. Tähän tarvitaan monitoreille soveltuva luminanssi/illuminanssimittari. Mittaustuloksia verrataan asetettuihin vertailutasoihin ja mikäli poikkeamat ylittävät hyväksymisrajat, monitori säädetään tai korvataan uudella.

Monitoreille tehtävät laadunvalvontatoimenpiteet kannattaa määrittää osana laitteiden laadunvarmistusohjelmaa. Kuten muunkin kuvantamistoininnan laadunvalvonnassa, protokollan mukaiset mittaukset ja havainnot kirjaamalla voidaan näyttöjen toimintakuntoa seurata systemaattisesti [7–9].

Lopuksi

Lääketieteellisessä kuvantamisessa kuvanlaadun kriteerit perustuvat potilaan hoidon kannalta riittävään kuvanlaatuun diagnoosin tekemiseksi. Kuvamonitori on yksi digitaalisen kuvantamisketjun lenkeistä ja elektronisena laitteena kuluustavaraa. Monitorin laadunvalvontamittausten avulla sitä voidaan huoltaa ja säätää tarvittaessa ennen kuin kuvanlaatu huononee merkittävästi sekä tehdä myös päätös näytön uusimistarpeesta ennakoivasti.

Viitekirjallisuus

1. AAPM/RSNA Tutorial on Equipment Selection: PACS equipment overview: Display systems, *Radiographics* 24(3), 2004.
2. http://www.barco.com/barcoview/downloads/Characteristics_of_CRT_and_LCD_displays.pdf
3. <http://www.nema.org/stds>
4. DIN 6868-57-2001, Image quality assurance in x-ray diagnostics, Acceptance testing for image display devices, The German Standards Institution, Deutsches Institut für Normung e.V., February 2001.
5. AAPM ON-LINE REPORT NO. 03:Assesment of display performance for medical imaging systems, April 2005
http://www.aapm.org/pubs/reports/OR_03.pdf
6. <http://www.fimnet.fi/ultraaaniseura/> -> Koulutusmateriaalia
7. Groth et al. Cathode ray tube quality control and acceptance testing program: initial results for clinical PACS displays, *Radiographics*, 21(3), 2001.
8. Haijo et al. Assesment of flat panel LCD primary class display performance based on AAPM TG 18 acceptance protocol, *Medical Physics* 31(7), 2004.
9. Ly: Softcopy display quality assurance program at Texas Children's Hospital, *Journal of Digital Imaging*, 15 (Suppl.1), 2002.

RÖNTGENTUTKIMUSTEN LAADUNVARMISTUS

Kuvan laadun optimointi digitaalisessa kuvantamisessa

Anja Kettunen

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Johdanto

Dimond III- projektin loppuraportti ”Image Quality and Dose Management for Digital Radiography” (2004) ja ICRP-julkaisu 93 ”Patient Dose Management in Digital Radiography” (2005) painottavat kuvan laadun optimointia diagnostiset ongelmat huomioiden. Tavoitteena on välttää turhia sädeannoksia, joista ei ole potilaalle hyötyä diagnoosin kannalta. Uusimmat tutkimukset osoittavat, että Flat Panel Detektorilla (FPD) päästään pienempiin sädeannoksiin kuin kuvalevyllä samaa kuvanlaatua tavoiteltaessa, koska FPD:n kvanttiefektiivisyys (DQE) on parempi. Kuvalevyä käytettäessä annos ja kuvanlaatu ovat samaa luokkaa kuin filmi-vahvistuslevy-yhdistelmällä. FPD:llä päästään pienempään annokseen vastaavalla tai jopa paremmalla kuvanlaadulla. DIMOND III -projektin lopputuloksissa ehdotetaan, että kaikilla laitevalmistajilla tulisi olla annosindeksi tai vastaava, jolla kyseisen kuvareseptorin herkkyyttä voitaisiin verrata konventionaaliseen filmi-vahvistuslevy-yhdistelmän suhteelliseen nopeuteen.

Kuvanlaatuvaatimukselle kolme eri tasoa

Dimond III -projektin loppuraportissa ALARA periaate ehdotetaan muutettavaksi muotoon ”quality as good as necessary, not as good as possible – dose value as low as possible” ja siksi kuvanlaadulle ehdotetaan kolmen eri vaatimustason määrittämistä (Taulukko). Kuvanlaatuvaatimus olisi riippuvainen tutkimuksen indikaatiosta. Raportissa annetaan esimerkkejä tehdyistä optimoinneista ja vaadittavasta kuvanlaadusta.

Taulukko. Eri kuvareseptorien suhteellinen nopeus eri kuvanlaatuoluokissa (Dimond3).

Kuvareseptori	Suhteellinen nopeus eri kuvanlaatuoluokissa		
	High	Medium	Low
Filmi-vahvistuslevy	200	400	800
Kuvalevy	200/400	400	800
FPD	400	800	1600

Paras kuvanlaatu tarvitaan esimerkiksi murtumien diagnostiikassa, kun taas keskiverto kuvanlaatu riittää murtumakontrolleissa ja heikoin kuvanlaatu esimerkiksi selkärangan mittauksia tai proteesin asentoa tarkasteltaessa.

Kuvan laadun hallintastrategia

Kuvan laadun hallinnassa voidaan erottaa neljä eri vaihetta:

1. optimisation (kliinisten kriteerien käyttö)
2. objectivation (mittaukset fantomilla)
3. standardisation (kuvanlaadun vaihteluvälien määrittäminen eri kuvanlaatuoluokissa)
4. quality assurance (vakioisuustestit).

Kuvausparametrit (fokuskoko, jännite, hila yms.) ja projektiot voivat järjestelmän vaihtuessa ensin olla samat kuin filmi-vahvistuslevyllä, mutta sen jälkeen tehdään optimointi digitaalisella kuvareseptorilla. Optimoinnissa on huomioitava tutkimusindikaatio, tutkittava kohde, haluttu kuvanlaatu ja käytetty kuvareseptori. Optimoinnin tulee perustua aina kliinisen kuvanlaadun tarkasteluun. Jatkuva laadunvarmistus ja sädeannoksen seuranta auttavat optimoinnissa. Laadunvarmistuksen merkitys digitaalisilla kuvareseptoreilla on ainakin yhtä suuri, ellei merkityksellisempi kuin konventionaalisella menetelmällä. Myös kuvankäsittelyä tulisi jollakin tavalla seurata ja varmistaa, samoin katselunmonitorien kuntoa.

DIMOND III -projektissa on selkeästi osoitettu, että molemmilla FPD-tekniikoilla päästään parempaan kuvanlaatuun pienemmällä annoksella kuin muilla reseptoreilla. FPD:llä voidaan käyttää suhteellista nopeutta 1 600 vastaavaa herkkyyttä kuvanlaadun ollessa edelleen hyvä. Myös mammografiassa digitaalisilla kuvareseptoreilla päästään riittävän hyvään kuvan laatuun. Sekä mammografiassa että DSA:ssa annoksen ja kuvanlaadun optimointi tulee suorittaa samantyyppisesti kuin natiivitutkimuksissa.

Digitaalisessa kuvantamisessa tulee tulevaisuudessakin olla hyvä kuvanlaatu, mutta silti korkea herkkyys (=suhteellinen nopeus). Kuvien käsittelyn tulee olla yksinkertaista ja nopeaa, erilaisten järjestelmien tulee olla helposti yhdistettävissä olemassa oleviin järjestelmiin ja RIS/ PACS -installaatioon ja toiminnan tulee olla taloudellista.

Yhteenveto

ICRP:n raportissa 93 (2005) painotetaan erityisesti koulutuksen ja perehdytyksen merkitystä uuden kuvareseptorin käyttöönoton yhteydessä. Optimointiprosessin, annos seurannan ja laadunvarmistuksen tulee olla jatkuva prosessi. Laadunvarmistuksen tulee kattaa koko ketju: kuvan muodostaminen, prosessointi ja sen katselu, katseluolosuhteet, siirtäminen ja arkistointi. Laittevalmistajien tulee laatia välineet, joilla annosta/annosta osoittavia indeksejä kuvataan. Potilasannosta osoittavat indeksit tulee määritellä yhtenäisesti sekä näyttää ja arkistoida luotettavasti.

FPD:llä optimointi vaikuttaisi onnistuvan ja tulosten olevan vertailukelpoisia, koska eri laitevalmistajilla on määritetty samoilla sädeannoksilla samaa suhteellista nopeutta vastaava arvo. Vielä kun saisi selville kaikkien indeksit, joilla ko. arvoja kuvataan. Kuvalevyvalmistajilta tällainen looginen ja yhtenäinen rakenne näyttää olevan vielä hukassa; kaikilla on omat indeksit ja erilaiset toimintaperiaatteet annosindeksien ilmaisemiseen. Laitteiden vertailu voi siis olla melkoisen vaikeaa ja paljon töitä on tehtävä optimoinnin onnistumiseksi.

Lähteet

1. DIMOND III Final report. Image quality and dose management in digital projection radiography. www.dimond3.org read 13.7.2005
2. Strotzer M, Völk M, Frund R, et al. Routine chest radiography using a flat-panel detector: image quality at standard detector dose and 33% dose reduction. *AJR* 2002; 178(1): 169–171.
3. Hamers S, Freyschmidt J, Neitzel U. Digital radiography with a large-scale electronic flat-panel detector vs. screen-film radiography: observer preference in clinical skeletal diagnostics. *Europ Radiol* 2001; 11(9): 1753–1759.
4. International Commission on Radiological Protection 93. Managing patient dose in digital radiography. *Annals of the ICRP* 2004.
5. Ludwig K, Lenzen H, Kamm KF, et al. Performance of a flat-panel detector in detecting artificial bone lesions: comparison with conventional screen-film and storage-phosphor radiography. *Radiology* 2002; 222(2): 453–459.

6. Samei E, Hill J, Frey G, et al. Evaluation of a flat panel digital radiographic system for low-dose portable imaging of neonates. *Med Physics* 2003; 30(4): 601–607.
7. Völk M, Hamer OW, Feuerbach S, et al. Dose reduction in skeletal and chest radiography using a large-area flat-panel detector based on amorphous silicon and thallium-doped cesium iodide: technical background, basic image quality parameters, and review of the literature. *Europ Radiol* 2004; 14(5): 827–834.

TIIMITYÖSKENTELY LAADUNVARMISTUKSESSA

Eri ammattiryhmien roolit ja yhteistyö röntgentutkimusten laadunvarmistuksessa

Petri Saari, radiologian erikoislääkäri
Irma Parviainen, röntgenhoitaja
Rauno Hämäläinen, erikoisammattimies
Minna Husso, sairaalafysikko
Kuopion yliopistollinen sairaala

Yleistä

Radiologian klinikka on Kuopion yliopistollisessa sairaalassa (KYS) jaettu neljään osastoon. *Röntgen 1:llä* tehdään natiivitutkimusten lisäksi läpivalaisututkimuksia, ultraäänitutkimuksia, sekä angiografioita ja erilaisia toimenpideradiologisia hoitoja. Erillisenä lisäyksikkönä röntgen 1:een liittyy ensiapuröntgen, jossa kuvataan ensiapualueen natiivikuvat. *Röntgen 2:lla* tehdään natiivitutkimusten lisäksi CT-, MRI- ja ultraäänitutkimuksia sekä angiografioita. *Lastenröntgenissä* kuvataan lasten natiivi-, ultraääni ja läpivalaisututkimukset. Siilinjärvellä sijaitsevassa *Tarinan röntgenissä* kuvataan natiivikuvia leikkausyksikön tarpeisiin.

KYSin radiologian osastolla on virkoja yhteensä 110,5. Tutkimuksia tehdään vuodessa n. 115 000 kpl.

Tiimit

Tiimityössä tehtävät jaetaan usealle ihmiselle, joista jokaisella on omat vastuualueensa. Tämä pätee myös kuvantamisen laadunvarmistuksessa.

KYSin radiologian digitaalikuvaan *laadun ja optimoinnin työryhmään* kuuluu kaksi röntgenhoitajaa, kaksi radiologia, fyysikko ja erikoisammattimies säteilytekniikasta. Tämä ryhmä kokoontuu fyysikon kutsusta. Ryhmän tehtävänä on käsitellä niitä kuvanlaatuun tai potilasannoksiin liittyviä ongelmia, jotka eivät ratkea suoraviivaisesti. Ryhmässä myös käsitellään ensimmäiseksi mahdolliset tulevat kuvausprotokollien muutokset.

Kuntien maksamaan kuntaosuuteen kuuluu myös alueellinen laadunvarmistus. Laadunvarmistuksen koordinoitua ja toteutusta varten on perustettu *alueellinen laadunvarmistusryhmä*, johon kuuluu fyysikko, koordinoiva

röntgenhoitaja, laadunvalvonnasta vastaava röntgenhoitaja ja säteilytekniikan edustaja. KYS-piiriin kuuluu 17 terveyskeskusta, joissa kierretään tekemässä mittauksia.

Jokaista kuvaushuonetta varten on nimetty *laaturyhmä*, johon kuuluu kaksi vastuuhoitajaa ja radiologi. Vastuulääkärin ja fyysikon kanssa neuvotellaan, jos kuvissa on jotain poikkeavaa tai kuvausparametreihin täytyy tehdä muutoksia. Vain huoneen vastuulääkärillä on oikeus antaa ja hyväksyä kuvausohjeita.

Kliininen auditointi on laadunvarmistusta. Radiologian osaston laatukäsikirjan laatiminen on ollut kokonaan tiimityötä.

Lääkärin rooli

Lääkärin tärkein rooli on valvoa kuvien diagnostista laatua. Säteilyturvallisuudesta vastuunsa tuntevina lääkäreillä on tavoitteena saada potilastutkimusten annostaso mahdollisimman alas. Lääkärin tehtävä on päättää, millä annostolla kuvasta saadaan riittävä informaatio potilaan hoidon kannalta välttämättömien päätösten tekemiseksi.

Kuvan laatua lääkäri seuraa päivittäisessä työssään jatkuvasti. Kuvien laadussa ilmeneviin ongelmiin pyritään puuttumaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Mikäli lääkäri huomaa kuvanlaadussa ongelmia, hän yleensä ensimmäiseksi neuvottelee kuvauksen suorittaneen röntgenhoitajan kanssa. Ellei selkeää syytä kuvan tai kuvien huonoon laatuun löydetä, neuvotellaan röntgenteknikon ja/tai fyysikon kanssa. Myös lääkäriellä itsellään on oltava tietyt perustiedot röntgenhoitajien työskentelystä sekä lääketieteellisestä fysiikasta ja laitteistojen toiminnasta, jotta ongelman selvittelyyn pystyy paneutumaan analyyttisesti.

Kuvan laadun tarkkailun lisäksi lääkärin tehtävänä on seurata alan tutkimusta ja viimeisimpiä tutkimustuloksia, sekä kehittää tämän perusteella kuvausprotokollia.

Röntgenhoitajan rooli

Röntgenhoitajan työ on aina ollut tiimityöskentelyä. Ratkaistavat ongelmat ovat joskus niin monimuotoisia, ettei niiden ratkaisemiseksi riitä yhden ihmisen tieto ja osaaminen.

Röntgenkuvan valmistuttua kuvan ottajan on päätettävä, onko kuva sellainen, että siitä saadaan tarvittava informaatio. Jos röntgenhoitaja on epävarma kuvan riittävydestä, hän voi neuvotella työparinsa ja/tai radiologin kanssa lisäkuvien tarpeellisuudesta.

Jos laitteessa havaitaan selvä käyttöhäiriö, on helppo ottaa yhteys säteilytekniikkaan, joka sijaitsee samoissa tiloissa röntgenin vieressä. Säteilytekniikan työntekijöiden tavoitettavuutta parantaa myös se, että jokaisella säteilytekniikan henkilöllä on käytössään kännykkä. Useimmiten heidän apunsa riittää, mutta tarvittaessa he ottavat yhteyden laitteen maahantuojan edustajiin.

Joskus esiintyvää kuvan laatupoikkeamaa on kuitenkin vaikeampi selvittää. Ensin röntgenhoitaja käy läpi kuvausolosuhteet, kuvausparametrit, ja muut mahdolliset kuvan laatuun vaikuttaneet tekijät. Seuraavaksi pohditaan yhdessä toisten röntgenhoitajien ja radiologin kanssa, onko kyseistä ongelmaa havaittu aikaisemmin. Fyysikon apuakin on saatavissa helposti.

Röntgenhoitaja suorittaa osan laadunvalvontaan kuuluvista fantomimitauksista ja kalibroinneista laitekohtaisten vaatimusten mukaan. Röntgenhoitajan tehtävänä on myös tiedonkeruu fyysikolle annosmittauksia ja vertailutasojen laskemista varten.

Mittausten ja vikojen dokumentointia ei pidä unohtaa. Laitteessa ilmeneen vian kuvaus ja koneen antamien virhekoodien kirjaaminen jokaisen laitteen omaan vikavihkoon kuuluu röntgenhoitajalle. Merkinnän korjauksesta tekee laitehuollon edustaja.

Tekniikan rooli

Osa KYSin säteilytekniikkaa on sijoitettu röntgenosaston ”sydämeen”, radiologian hallinnon yhteyteen, ja on siten helposti saavutettavissa vaikkapa matkalla taukokuoneeseen. Röntgenillä on käytettävissä säteilytekniikassa sairaalainsinööri, huoltopäällikkö, huoltomestari ja kaksi erikoisammattimiestä. Röntgenosaston lisäksi säteilytekniikka palvelee sädehoito-osastoa ja muita säteilyä käyttäviä osastoja.

Laatuasioihin kiinnitetään huomiota jo laitteiden hankintavaiheessa. Säteilytekniikka avustaa laitehankintaprojektin käynnistämisessä, hankintamääritysten tekemisessä, tarjousten vertailussa, hankintapäätöksen tekemisessä, asennuksen organisoinnissa ja laitteiden vastaanottotarkastuksessa. Säteilytekniikka osallistuu vastaanottotarkastuksen jälkeen alkavaan laitteen käyttöönottoon. Myöhemmin monessa eri muodossa tarjottu käytöntuki ja koulutus on myös koettu tärkeäksi tekijäksi. Ongelmatapauksessa yhteydenpito laitetoimittajaan, takuun valvonta ja loppukatselmuksen järjestäminen on luonnostaan jäänyt säteilytekniikan hoidettavaksi.

Laadunvalvontaohjelman ja -ohjeiden laatimisessa säteilytekniikan tietämys on kaikkien käytössä. Laitteelle soveltuvat ja tekniseltä näkökulmalta tarkoituksenmukaiset ohjeistukset suunnitellaan yhteistyössä yksikön kanssa. Laadunvarmistuksen suunnittelussa ja seurannassa yhteiset kokoontumiset ja

keskustelut eri ammattiryhmien välillä ovat hyviä hetkiä vaihtaa tietoa asioista tai suunnitella tulevaa. Laadunvalvontaan säteilytekniikka osallistuu teke­mällä vuosittaisia ja muita määräaika­isia mittauksia, jotka on erikseen sovittu suoritettaviksi. Fyysikon suorittamissa mittauksissa säteilytekniikka on myös mukana. Näiden mittausten tuloksia käytetään mm. potilasannoksien määrit­ämiseen sekä optimoinnin suunnittelussa ja seurannassa. Poikkeamatapauk­sessä on havaitsijan tehtävä tarpeelliset toimenpiteet ongelman poistamiseksi. Ongelmat ja päätökset saatetaan kaikkien asiaankuuluvien tietoon.

Laitteiden määräaikainen huoltaminen on tärkeä osa laadunvarmistusta. Laitetoimittajien ja KYSin välisten huoltosopimusten tekeminen on sovittu säteilytekniikan järjestettäväksi, vaikka niistä sovitaankin yhdessä osastojen kanssa. Sairaalan oma huolto-organisaatio tekee suuren osan laitteiden huol­loista ja vikakorjauksista.

Fyysikon rooli

Fyysikon roolin näkyvin osa on ehkä potilasannosten määrittämisestä huoleh­timinen. Fyysikko organisoii yhdessä laadunvarmistusryhmän röntgenhoita­jien kanssa annosmäärittämiä varten tarvittavien tietojen keräyksen ja laskee annokset ja vertaa tuloksia STUKin julkaisemiin vertailutasoihin.

Erilaiset kuvanlaadun ongelmien selvittelyt kuuluvat tyypillisesti radio­logian fyysikon työnkuvaan. Selvittelyt aloitetaan säteilytekniikan teknisellä avustuksella, ja tarvittaessa fyysikko on yhteydessä laitevalmistajan edustajaan. Digitaalikuvauslaitteiden kuvanmuodostukseen liittyvät tekijät, sekä niiden vaikutus kuvanlaatuun ovat fyysikon osaamisaluetta. Myös kuvan jälkiproses­sointiin liittyvien ongelmien selvittelyssä fyysikko on yleensä aina mukana.

Laadunvarmistusohjelman laatimisessa ja arvioinnissa fyysikko tekee yhteistyötä säteilytekniikan kanssa. Yhteistyössä suunnitellaan mittausproto­kollat ja ajankohdat, ja osa mittauksista myös tehdään yhdessä. Esimerkiksi suunniteltaessa muutoksia kuvausprotokolliin, fyysikko tarvittaessa mittaa eri menetelmien tuottamia säteilyaltistuksia.

Fyysikon tehtävänä on kouluttaa kaikkien ammattiryhmien edustajia. Myös muutoksista tiedottaminen on usein fyysikon vastuulla. Lisäksi fyysikon tehtävänä on seurata alan tutkimusta ja huolehtia siitä, että osastolla sovelle­taan kansainvälisiä tutkimustuloksia käytännön työssä.

Lopuksi

Tiimityöskentelyn edellytyksenä on luonnollisesti se, että työyhteisössä on käytettävissä eri ammattiryhmien osaajia. Tehokas tiimityöskentely edellyttää

tiimin ja sen jäsenten välistä luottamusta, tiivistä yhteistyötä ja avointa tiedonkulkua. Tiimin jäsenten täytyy kyetä tekemään päätöksiä yhdessä. Pelkkä oman alan asiantuntemus ei siis riitä, myös yhteistyökykyä on löydyttävä. Useamman ammattiryhmän edustajista koostuvan työryhmän etu on luonnollisesti siinä, että itse ei välttämättä tarvitse tietää, kuinka asia saadaan korjattua, vaan voi esittää ongelman sopivan henkilön mietittäväksi ja ratkaistavaksi.

TIETOKONETOMOGRAFIATUTKIMUSTEN OPTIMOINTI JA LAADUNVALVONTA

Tietokonetomografiatutkimusten potilasannokset

Juhani Karppinen
Säteilyturvakeskus

Taustaa

On osoittautunut, että tietokonetomografiatutkimuksille eli TT-tutkimuksille annetut potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot eivät enää ole tarkoituksenmukaisia nykyaikaisille monileike-TT-laitteille. Esimerkiksi Ruotsissa [1] ja Englannissa [2] on jouduttu toisaalta nostamaan pään ja lannerangan tutkimusten, toisaalta laskemaan vartalon alueen tutkimusten vertailutasoja. Suomen tilanteen selvittämiseksi käynnistettiin TT-laitteiden käytön optimointia koskeva tutkimusprojekti yhteistyössä HUSin radiologien kanssa. Tässä lyhennelmässä esitetään alustavia tuloksia potilaan säteilyaltistuksesta TT-tutkimuksissa.

Suomessa käytössä olevat TT-laitteet

Pelkästään diagnostiikkaan käytettävien TT-laitteiden määrä Suomessa on pysynyt samana jo usean vuoden ajan. Laitteita on uusittu vanhemmasta päästä korvaamalla yksileikelaite monileikelaitteella. Vuoden 2005 lopussa diagnostiikkakäytössä oli 70 TT-laitetta, joista 36 oli vielä yksileikelaitetta. Vanhimmat käytössä olevat TT-laitteet ovat melkein 20 vuotta vanhoja. Viimeisin yksileikelaite on asennettu vuonna 2001, ensimmäinen monileikelaite (nelileike) vuonna 1999 ja uusin 64-leikkeinen TT-laite vuoden 2005 lopulla. Helikaalitoiminto puuttuu vain kuudesta vanhimmasta laitteesta.

Tutkimustyyppien ja laitteiden valinta

Alkuperäisen projektisuunnitelman mukaisella kahdeksan eri TT-tutkimustyyppin valinnalla työmäärä näytti kasvavan hallitsemattoman suureksi, joten katsottiin tarpeelliseksi rajoittaa selvitykseen mukaan otettavien TT-tutkimusten ja myös TT-laitteiden määrää.

Seuraavat TT-tutkimukset jäivät suunnitelmaan:

- koko vatsan TT (paljon kontrollitutkimuksia, joissa optimoinnilla voidaan vaikuttaa suuren potilasmäärän säteilyaltistukseen)
- keuhkot (tärkeä TT-kuvaus monen eri sairauden diagnostisoinnissa)
- LS-ranka (korkea annostasoa, tutkimusten tarve usein kyseenalainen)
- pää (hyvin yleinen TT-tutkimus).

Tutkimusprojektissa tarkasteltiin kahta laiteryhmää

1. ennen vuotta 2000 käyttöön otetut yksileike-TT-laitteet
2. monileike-TT-laitteet.

Ensimmäisestä ryhmästä valittiin 19 laitteen otos siten, että otanta kattoi käytössä olevat laitetypit ja -valmistajat siinä suhteessa kuin ne ovat edustettuina Suomessa. Monileikelaitteita mitattiin kaikkiaan 28, joista 19 oli 2-10-leikelaitetta ja yhdeksän 16-leikelaitetta.

Annossuureet ja mittausmenetelmä

TT-tutkimuksesta potilaalle aiheutuvaa säteilyaltistusta parhaiten kuvaa **painotettu annoksen ja pituuden tulo** DLP_w [3], joka on suoraan verrannollinen efektiiviseen annokseen.

Tutkimuksen painotettu DLP_w -arvo saadaan, kun potilasvastineen (standardisoidun vartalo- tai pääfantomin) keskeltä ja pinnalta (1 cm:n syvyydellä pinnasta) puikkomaisella ionisaatiokammion mitattu annos (mGy) kerrotaan kammion pituudella L (10 cm) seuraavasti

$$DLP_w = (1/3 D_{\text{mittarin lukema keskeltä}} + 2/3 D_{\text{mittarin lukema pinnalta}}) \cdot L.$$

Koko tutkimuksen DLP_w -arvo voidaan mitata suoraan siten, että potilasfantomi ripustetaan tutkimuspöydän yläpuolelle ilmaan keskelle gantryaukkoa. Näin fantomi ja mittakammio pysyvät paikoillaan koko tutkimuksen ajan eikä potilas-pöydän liike häiritse myöskään mittausta.

Useista röntgenputken kierroksista aiheutuva TT-tutkimuksen **keskimääräinen absorboitunut annos eli annoksen tilavuuskeskiarvo** $MSAD_w$ [4] saadaan jakamalla koko tutkimuksen DLP_w kuvatun alueen pituudella d:

$$MSAD_w = DLP_w / d.$$

Kuvatun alueen pituus d lasketaan kokonaiskuvausajan ja röntgenputken pyörähdysajan sekä pöydän siirron/pyörähdys avulla, jolloin helikaalikuvauksen ylimääräiset alku- ja loppupyörähdykset tulevat huomioitua mittauksessa. $MSAD_w$ -arvo voidaan laskea sekä aksiaali- että helikaalikuvaukselle em. kaavan mukaisesti.

Säteilyaltistus tavallisimmissa TT-tutkimuksissa

Monileikelaitteilla keskimääräiset annokset (TT-annoksen tilavuuskeskiarvot, $MSAD_w$) olivat 30–50 % korkeammat kuin 1-leikelaitteilla (Taulukko I). Poikkeuksen tekivät vain LS-rangan tutkimusannokset, jotka olivat pienentyneet noin 30 %. Potilaan säteilyaltistuksessa eri tutkimusyksiköissä oli huomattavia eroja. Erot eri sairaaloiden annoksissa olivat enimmillään jopa viisinkertaisia. Tähän syynä voivat olla puutteet optimoinnissa, mutta myös muut tekijät. Eroavuuksia voivat aiheuttaa mm. indikaatioerot ja tutkimusnimikkeen sisällön erilainen tulkinta.

Nykyiset $MSAD_w$ -vertailutasot vaikuttavat toisaalta liian löysiltä (vatsan ja keuhkojen TT-tutkimukset), mutta toisaalta liian tiukoilta (lannerangan ja pään tutkimukset).

Taulukko I. TT-annoksen tilavuuskeskiarvo ($MSAD_w$) TT-tutkimuksissa.

Tutkimus	1-leike TT		Vertailu- taso mGy	Monileike-TT (2-16-leike TT)	
	Keskiarvo mGy	Vaihteluväli mGy		Keskiarvo mGy	Vaihteluväli mGy
Koko vatsa	9,4	3,6–17	35	13	6,4–31
Keuhkot	8,3	2,9–17	30	12	5,1–27
LS-ranka	47	21–75	35	34	13–72
Pää; kallon- pohja	62	32–84	60	79	42–121
Pää; aivot	49	25–66	60	60	36–96

DLP_w -arvot mitattiin käytössä olleilla standardikuvausarvoilla yhtä kuvasarjaa kohti (Taulukko II). DLP_w - ja $MSAD_w$ -arvojen perusteella voidaan todeta, että monileikelaitteilla vain LS-rangan tutkimuksissa kuvausalue on keskimäärin pitempi kuin vanhoilla 1-leikelaitteilla. Nykyiset DLP_w -vertailutasot ylittyivät vain muutamassa sairaalassa ja keskimäärin tasoja voitaisiin jopa pudottaa huomattavasti nykyisistä arvoista.

Taulukko II. Painotettu annoksen ja piteuden tulo (DLP_w) TT-tutkimuksissa.

Tutkimus	1-leike TT		Vertailu- taso mGy·cm	Monileike-TT	
	Keskiarvo mGy·cm	Vaihteluväli mGy·cm		Keskiarvo mGy·cm	Vaihteluväli mGy·cm
Koko vatsa	403	174–621	800	452	137–1 016
Keuhkot	235	96–449	650	319	173–632
LS-ranka	355	191–673	800	374	93–1 078
Pää (koko tutk.)	670	346–888	1 050	874	419–1 444

TT-tutkimusten efektiiviset annokset

TT-tutkimuksen efektiivinen annos voidaan laskea riittävän tarkasti kertomalla tutkimuksen DLP_w -arvo tutkimuskohtaisella kertoimella E_{DLP} (MSCT 2004). Taulukoon III on laskettu tavallisimpien TT-tutkimusten efektiiviset annokset perustuen taulukon II DLP_w -arvoihin.

Taulukko III. Efektiiviset annokset tavallisimmissa TT-tutkimuksissa.

Tutkimus (kuvasarjojen lukumäärä)	1-leike TT	Monileike TT
	Keskiarvo mSv	Keskiarvo mSv
Vatsan natiivi- ja varjoaine -TT (2)	14	15
Keuhkojen natiivi ja varjoaine -TT (2)	8,9	12
LS-rangan natiivi -TT (1)	6,0	6,4
Pään natiivi -TT (1)	1,5	2,0

Efektiiviseen annokseen vaikuttaa suuresti sarjojen lukumäärä eli otetaanko natiivisarjan lisäksi vielä varjoainesarja. Suurin osa pään TT-tutkimuksista on pelkästään natiivikuvauksia. Samoin LS-rangan TT-kuvauksissa varjoaineen käyttö oli harvinaista. Keuhkojen ja vatsan rutiinikuvaukset pyritään nykyään tekemään vain varjoainetta käyttäen, mutta yleinen käytäntö on kuitenkin vielä monessa sairaalassa se, että otetaan molemmat sarjat.

Viitteet

1. Statens strålskyddsinstitut (2002). Diagnostiska referensnivåer för datortomografiundersökningar. SSI FS 2002:2.
2. Shrimpton PC, Hillier MC (2005). Doses from Computed Tomography. Examinations in the UK-2003 Review. NRPB-W67.

3. Karppinen J, Tapiovaara M, Järvinen H (2003). The dose length product (DLP) is the basic dosimetric quantity in CT. IAEA-CN-96-40.
4. Röntgentutkimuksista potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen. STUK tiedottaa 1/2004. Helsinki; Säteilyturvakeskus: 2004.
5. MSCT (2004). 2004 CT quality criteria. Results from a European Concerted Action on CT (FIGM -CT-2000-20078) published at http://www.msct.info/CT_Quality_Criteria.htm.

TIETOKONETOMOGRAFIATUTKIMUSTEN OPTIMOINTI JA LAADUNVALVONTA

Tietokonetomografialaitteiden laadunvalvonta

Juhani Karppinen
Säteilyturvakeskus

Taustaa

Tietokonetomografialaitteiden eli TT-laiteiden laadunvarmistusopas ilmestyi vuonna 1996 [1]. Tämän jälkeen puolet Suomen laitekannasta on uusiutunut ja samalla laitteiden suorituskyky on kasvanut ja toiminnot monipuolistuneet. Laitteiden suorituskyvyn ylläpito on korostunut ja laadunvarmistuksen ohjeistuksen päivitys on tullut hyvin ajankohtaiseksi. Vakioisuusmittauksista on tullut esim. internetin kautta uutta ohjeistusta [3].

STUKin julkaiseman oppaan päivittämiseksi oli selvitettävä tämän hetkinen toiminnanharjoittajien ylläpitämä TT-laitteiden laadunvarmistuskäytäntö. Laadunvarmistuskäytäntöjen tarkastelussa oli otettava huomioon monileikelaitteiden erityisominaisuudet sekä nykyisen tiedon mukaiset annoskäsitteet ja annosten laskenta.

Vastaanottotarkastus

Turvallisuusslupan lupaehtoihin on asetettu määräys vastaanottotarkastuksen tekemisestä ennen laitteen käyttöönottoa. Vastaanottotarkastuksiin on yleensä sisällytetty sekä keskeisimmät suorituskykytestit että sähkö- ja mekaaniiseen turvallisuuteen liittyvät mittaukset [2]. Mittaukset ja testaukset on tehty yhdessä laitevalmistajan edustajan kanssa. Käytön aikaiset kuvausparametrien valinnat (jännitteet, virrat, kuvausajat, leikepaksuudet ym), tutkimuskäytännöt ja suojaimien käytöt on pyritty ratkaisemaan yhdessä käyttäjäkouluttajan kanssa. STUK pyrkii tekemään oman käyttöönottotarkastuksen sen jälkeen kun laite on ollut jonkun aikaa käytössä ja rutiinikuvausarvot ovat selvillä. Tällöin voidaan tarkistaa erityisesti tutkimusten potilasannokset, eikä takuuajaisia vähäisiä virheitä tarvitse tarkastella.

Laadunvarmistuskäytännöt

Lähes kaikki TT-laitteet ovat määräaikaishuollon piirissä. Laitetoimittaja tekee määräaikaishuollon 3–4 kertaa vuodessa, johon on sisällytetty laadunvarmistusmittauksia. Laitetoimittaja on varustanut laitteen myös testifantomeilla, joilla käyttäjä voi tarkistaa tietyt laitevalmistajan suosittelemat toiminnot. Kaikkia vakioisuusmittauksia ei tehdä yhden määräaikaishuollon yhteydessä vaan ne on ryhmitelty siten, että tietyt mittaukset tulee tehtyä ainakin kerran vuodessa. Testausten määrää on lisännyt mm. leikekuvien ja -paksuuksien lukumäärän kasvu.

Päivittäiset vakioisuusmittaukset

Käytäntö on osoittanut, että kuvanlaatua on päivittäin tarkasteltava ja tehtävä yksinkertaiset mittaukset piilevien artefaktoiden ja kuvan epätasaisuuksien havaitsemiseksi. Monileikelaitteella on tarkastus ulotettava myös yksittäisiin leikekuviin, joita ei ole fuusioitu eikä rekonstruoitu. Päivittäisiä tarkastuskohteita ovat:

- CT-lukujen keskiarvo (vesi, pleksi)
- kuvan kohina
- kuvan tasaisuus
- artefaktat.

Mittausarvojen tulee olla valmistajan antamien hyväksyttävyyssrajojen sisällä. Laadunvalvontaohjelmassa tulee olla menettelyohjeet, jos rajat ylittyvät.

Muut käytönaikaiset laadunvalvontamittaukset

Edellä mainittujen vakioisuusmittausten lisäksi laadunvalvontaohjelmaan tulee sisällyttää ainakin seuraavat tarkastuskohteet:

- korkeakontrastierotuskyky
- kohdistusvalojen tarkkuus
- pöydän liike
- leikepaksuudet (nominaaliarvot)
- potilasannokset (DLP_w ja $MSAD_w$)
- työaseman monitori.

Jos mittaukset on tehty valmistajan toimittamalla testifantomilla, hyväksyttävyysskriteereinä on käytettävä ensisijaisesti laitevalmistajan antamia arvoja.

Joidenkin mittausten hyödyllisyys vakioisuusmittauksena on kyseenalaistettu, kuten generaattorien suoritusarvojen tarkistus ja säteilytuottomit-

taukset. Nämä mittaukset voidaan siirtää tehtäväksi pelkästään putken vaihdon yhteydessä, samoin kuin leikeprofiilien (keilan kollimointien) ja annosnäyttöjen tarkistus.

Viitteet

1. TT-laitteiden laadunvarmistus. STUK tiedottaa 3/96. Helsinki; Säteilyturvakeskus; 1996.
2. Knuuttila J (toim.). Terveysthuollon laadunhallinta. Radiologisen laitteen vastaanottotarkastus. Lääkelaitoksen julkaisusarja 2/2001.
3. ImPACT (2001). CT scanner acceptance testing. ImPACT information Leaflet No 1 (Version 1.02) Published 18 May 2001 at:
<http://www.impactscan.org/acceptance.htm>