

STUK-A184

Toukokuu 2001

Säteilyturvallisuus ja laatu röntgen- diagnostiikassa 2001

A. Servomaa, T. Parviainen (toim.)

Selkäteksti:

STUK-A184 Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2001

Takakansi:

ISBN 951-712-444-9

ISSN 0781-1705

Oy Edita Ab, Helsinki 2001

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

ISBN 951-712-444-9
ISSN 0781-1705

Oy Edita Ab, Helsinki 2001

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

SERVOMAA, Antti, PARVIAINEN, Teuvo (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2001 (STUK-A184). Helsinki 2001, 100 s.

ISBN 951-712-444-9

ISSN 0781-1705

Avainsanat säteilyturvallisuus, röntgendiagnostiikka, laadunvarmistus, potilasannos, kliininen auditointi

JOHDANTO

Euroopan unionin lääketieteellistä säteilynkäyttöä koskevan direktiivin (97/43/Euratom) veloitteet sairaaloille hallitsevat edelleen tämän hetken säteilysuojelutoimenpiteitä lääketieteellisessä säteilynkäytössä. Direktiivi kiinnittää erityistä huomiota lasten säteilyaltistukseen, suurta säteilyaltistusta aiheuttaviin röntgentutkimuksiin ja seulantutkimuksiin. Keskeisimmät suurta altistusta aiheuttavat tutkimukset ovat toimenpideradiologia, jossa jopa akuutit ihovauriot ovat mahdollisia, ja tietokonetomografia, jossa tutkimusmäärä on vain noin 5 % kokonaistutkimusmäärästä, mutta efektiivinen annos 40 % kaikkien röntgentutkimusten yhteensä aiheuttamasta kollektiivisesta annoksesta. Euroopan komission rahoittamissa tutkimusprojekteissa onkin mitattu lasten säteilyaltistusta röntgenkuvauksissa, läpivalaisussa ja tietokonetomografiassa, vertailtu eri annosmääritysmenetelmiä keskenään sekä kehitetty säteilyaltistuksen valtakunnallista seurantamenetelmää. Uusin tutkimusprojekti kohdistuu dosimetriaan ja laadunvarmistukseen toimenpideradiologiassa ja digitaalisessa kuvantamisessa. Muita ajankohtaisia asioita ovat säteilysuojeluohjeiston, laatujärjestelmien ja säteilysuojelukoulutuksen kehittäminen ja radiologisten toimintojen auditointi.

Tässä raportissa käsitellään uusia säteilyturvallisuusohjeita ja suosituksia sekä terveydenhuollon henkilöstön säteilysuojelukoulutusta. Yhtenä keskeisenä aiheena on potilaan säteilyaltistuksen valtakunnallinen seurantamenetelmä ja säteilyaltistuksen määritysmenetelmien vertailu. Myös röntgen-toiminnan laatua terveydenhuollossa ja lasten röntgentutkimuksissa sekä röntgenlaitteiden vastaanottotarkastuksia ja laadunvarmistusmittauksia tarkastellaan.

SERVOMAA, Antti, PARVIAINEN, Teuvo (eds.). Radiation safety and quality in diagnostic x-ray imaging 2001 (STUK-A184). Helsinki 2001, 100 pp.

ISBN 951-712-444-9

ISSN 0781-1705

Keywords radiation safety, diagnostic x-ray imaging, quality assurance, patient dose, clinical audit

INTRODUCTION

The obligations of the medical exposure directive (97/43/Euratom) for hospitals dominate the current activities in radiation protection in medical radiology. The directive gives special emphasis to radiation exposure of children, to examinations with high radiation doses and to radiation exposure in health screening programmes. The most important examinations with high doses are radiological interventions, where even acute skin effects are possible, and the computed tomography where the number of CT examinations makes only about 5% from the total number of x-ray examinations but the collective effective dose about 40% from the combined collective effective dose of all x-ray examinations. In the research projects financed by the European Commission, radiation exposures to paediatric patients have been measured in radiography, fluoroscopy and CT, and various dose assessment methods have been compared to develop a method for national follow-up of patients' radiation dose. The newest research project is focused on dosimetry and quality assurance in interventional radiology and digital imaging. Other actual topics are the development of radiation protection regulations and quality systems, education and training programmes, and clinical audits.

This report deals with new radiation protection guides and recommendations and the education and training of radiological staff in radiation protection. One important topic is the development of national follow-up method of radiation exposure to patients and comparison of various dose assessment methods. Quality assurance in health care and in paediatric radiology, and the acceptance test and quality assurance measurements of radiological equipment are also described.

SISÄLLYSLUETTELO	sivu
JOHDANTO	3
INTRODUCTION	4
IONISOIMATON SÄTEILY JA TURVALLISUUS Lauri Puranen	7
EU:N SÄTEILYN KÄYTTÖÄ KOSKEVAT SUOSITUKSET JA OHJEET SÄTEILYTURVAKESKUKSEN ST-OHJEET SEKÄ SUOSITUKSET Olavi Pukkila	15
TERVEYDENHUOLLON HENKILÖSTÖN SÄTEILYSUOJELU- KOULUTUSVAATIMUKSET Olavi Pukkila	18
KUINKA POTILAAN SÄTEILYALTISTUSTA ON SEURATTAVA, SÄTEILYALTISTUKSEN VERTAILUTASOT Ritva Havukainen	19
LÄÄKETIETEELLINEN SÄTEILYNKÄYTTÖ ERI MAISSA TILASTOJEN VALOSSA Antti Servomaa	23
POTILASANNOSTEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENKUVAUKSISSA JA TOIMINNAN SUUNNITTELUA VARTEN TEHTY ESITUTKIMUS Matti Toivonen, Tuomo Komppa ja Merja Wirtanen	33
MITEN VASTATAAN MED-VAATIMUKSEEN SÄTEILYANNOSTEN MITTAAMISESTA/ARVIOINNISTA Aaro Kiuru	50 50
RÖNTGENFILMISTÄ DIGITAALIKUVAAN – MUUTOKSEN VAIKUTUS TOIMINTAAN Leena Walta	57

TERVEYDENHUOLLON LAADUN KEHITTÄMINEN, ARVIOINTI JA SERTIFIOINTI Matti Liukko	61
KLIININEN LAATU JA AUDITOINTI Eila Lantto	63
EU:N TT-TUTKIMUSTEN LAATUSUOSITUKSET; KOKEMUKSET KLIINISEN KUVANLAADUN ARVIOINNISTA JA ANNOS Pentti Lohela	67
POTILAAN ANNOS TT-TUTKIMUKSISSA - POHJOISMAINEN PILOTTITUTKIMUS Juhani Karppinen	75
LAATU LASTEN THORAXTUTKIMUKSISSA Anna Förh, Päivi Palmumaa	81
LAADUN KEHITTÄMINEN LASTEN TUTKIMUKSISSA JA KOKEMUKSET ANNOSMITTAUKSISTA Pirjo Outinen	87
SÄTEILYANNOKSET ERÄISSÄ LASTEN RÖNTGENTUTKIMUKSISSA LASTEN JA NUORTEN SAIRAALASSA JA KÄTILÖOPISTON SAIRAALASSA Teuvo Parviainen	92
KUINKA UUSIIN SÄTEILYTURVALLISUUSVAATIMUKSIIN VASTATAAN Mirja Hirvonen-Kari	100

IONISOIMATON SÄTEILY JA TURVALLISUUS

Lauri Puranen
Säteilyturvakeskus

Säteilylajit

Ionisoimaton säteily koostuu sähkömagneettisesta aaltoliikkeestä sekä sähkö- ja magneettikentistä. Se jaetaan säteilyn aallonpituuden mukaan seuraaviin säteilylajeihin (kasvavan aallon pituuden mukaan): ultraviolettisäteily, näkyvä valo, infrapuna- eli lämpösäteily, radiotaajuinen säteily, pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät sekä staattiset sähkö- ja magneettikentät. Taulukossa I esitetään kunkin säteilylajin taajuus-, aallonpituus- ja fotonienenergia-alue sekä merkittävimmät lähteet. Ultraviolettisäteily, näkyvä valo ja infrapunasäteily ovat optista säteilyä. Optisen säteilyn yksi erikoismuoto on laser-säteily. Se etenee säteinä ja vaimenee hyvin hitaasti etäisyyden kasvaessa. Radiotaajuisen säteilyn lyhytaaltoisinta osaa (aallonpituus alle 1 m ja taajuus yli 300 MHz) kutsutaan mikroaaltosäteilyksi tai lyhyesti mikroaalloiksi.

Vaikutusmekanismit

Ionisoimattoman säteilyn fotonienenergia on niin pientä (alle 12,4 elektronivoltia), ettei se yleensä voi, kuten ionisoiva säteily, tuottaa vapaita elektroneja ja ioneja kudokseen osuessaan eikä voi siten vaurioittaa solujen perimäainesta, DNA-molekyylejä. Ionisoimaton säteily voi kuitenkin ylittäessään tietyn kynnyksen vahingoittaa kudosta lämmön nousun, sähkövirtojen tai fotokemiallisten reaktioiden seurauksena.

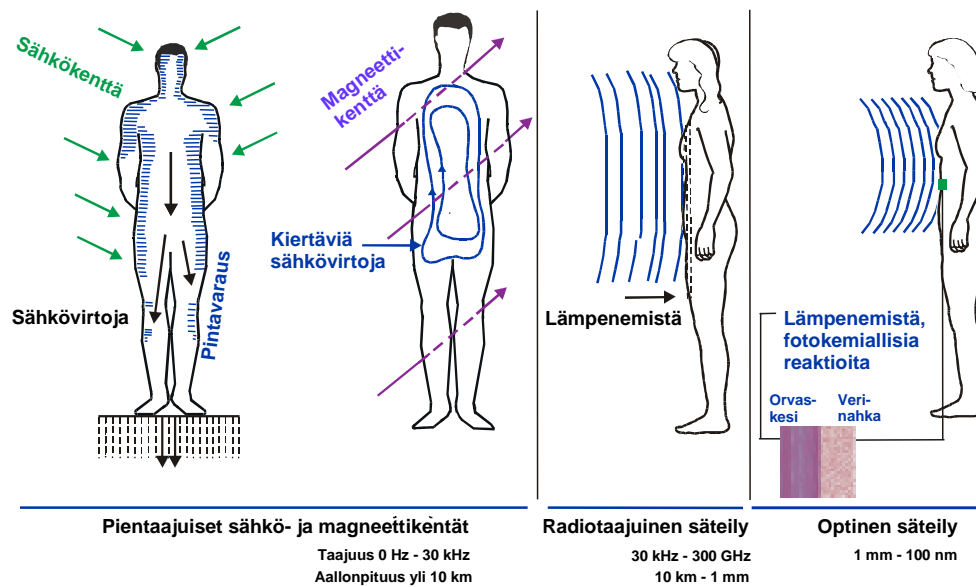
Ionisoimaton säteily voidaan jakaa eri osa-alueisiin vaikutusmekanismiensa perusteella. Kuvassa 1 esitetään eri säteilylajien vaikutusmekanismit. Lyhytaaltoisimmalla säteilylajilla eli ultraviolettisäteilyllä on periaatteessa ionisoivan säteilyn kaltaisia fotokemiallisia vaikutuksia. Ne rajoittuvat tosin pienen tunkeutumissyvyyden vuoksi kehon pintakerrokseen eli ihoon ja silmiin. Näkyvän valon ja infrapunasäteilyn vaikutukset perustuvat pääasiassa lämpöön. Radiotaajuisen säteilyn vaikutukset johtuvat siitä kehoon tai sen osiin imeytyvään tehoon, joka lämmittää kudoksia. Pienimmillä aallonpituuksilla lämpövaikutus keskittyy kehon pintakerrokseen, ja aallonpituuden kasvaessa

lämpövaikutus ulottuu myös sisäelimiin. Pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät eivät enää lämmitä kehoa, vaan ne synnyttävät sähkövirtoja, jotka riittävän voimakkaina aiheuttavat hermo- ja lihasärsytystä.

Taulukko I. Ionisoimattoman säteilyn säteilylajit ja lähteet jaoteltuina aallonpituuden, taajuuden ja fotonien energian mukaan.

Säteilylaji	Taajuusalue	Aallonpituus- alue	Fotonienergia- alue	Säteilylähteitä
Ultravioletti-säteily	3000-750 THz	100-400 nm	12,4-3,1 eV	Aurinko, solarium, hitsauslaitteet, laserit
Näkyvä valo	750-385 THz	400-780 nm	3,1-1,5 eV	Aurinko, valaisimet, laserit
Infrapuna- eli lämpösäteily	385-0,3 THz	0,78-1000 μ m	1590-1,24 meV	Sula metalli ja lasi, laserit
Radiotaajuisen säteily	300 GHz - 30 kHz	1 mm - 10 km	1,24 meV-124 peV	Tutkat, mikroaaltokuivaimet ja -uunit, matkapuhelimet, yleisradioasemat, suurtaajuuskuumentimet, UKW-syvälämpöhoitolaiteet, magneettikuvauslaitteet
Pientaajuiset ja staattiset sähkö- ja magneettikentät	30 kHz - 0	yli 10 km	alle 124 peV	Metallinpaljastimet, varashälyttimet, induktiokuumentimet, näyttöpäätteet, voimalinjat, sähkölaitteet, magneettikuvauslaitteet

Yksiköiden edessä olevat kertoimet: T=10¹², G=10⁹, M=10⁶, k=10³, m=10⁻³, μ =10⁻⁶, n=10⁻⁹, p=10⁻¹²



Kuva 1. Ionisoimattoman säteilyn vaikutusmekanismit.

Haittavaikutukset

Ultraviolettisäteily

Ultraviolettisäteily voi aiheuttaa ionisoivan säteilyn tapaan ihosolun perimässä muutoksia, jotka voivat johtaa sen muuttumiseen syöpäsoluksi. Ihosyöpä on siten ultraviolettisäteilyn ja samalla myös ionisoimattoman säteilyn merkittävin haittavaikutus. Suomessa karsinoomatyyppeihin ihosyöpiin sairastuu vuosittain noin 4500 ihmistä, joista muutama kymmenen kuolee niihin. Pahanlaatuisimpaan ihosyöpään eli melanoomaan sairastuu noin 500 ja siihen kuolee noin 120 ihmistä vuosittain. Ihoon kohdistuva ultraviolettisäteily aiheuttaa pienenä annoksena ihon punoitusta ja suurena annoksena ihon palamista. Toistuva ihon palaminen vanhentaa ihoa ja lisää merkittävästi ihosyöpäriskiä. Ihoon kohdistuva punoitusta aiheuttava ultraviolettisäteily heikentää vastustuskykyä, mikä voi edistää syöpien kehittymistä sekä bakteeri- ja virusperäisten infektioitautien puhkeamista. Allergisia reaktioita voi myös ilmetä.

Yleisin ultraviolettisäteilyn lähde on aurinko, jonka aiheuttama ihosyöpä on merkittävin ionisoimattoman säteilyn terveyshaitta. Alle kymmenysosa ultra-

violetti säteilylle altistumisesta aiheutuu keinotekoisista lähteistä, kuten solariumeista, valaisimista ja hitsauslaitteista. Muita ultravioletti säteilyn haittavaikutuksia ovat silmän sarveiskalvon tulehdus eli lumisokeus, jonka voi saada esimerkiksi hiihtäessään voimakkaassa kevätauringon paisteessa ilman aurinkolaseja. Ultravioletti säteilyn pitkäaikaisena vaikutuksena on harmaakaihi eli silmän mykiön sameneneminen.

Näkyvä valo ja infrapunasäteily

Näkyvän valon ja infrapunasäteilyn haittavaikutukset rajoittuvat silmiin. Liian kirkkaalta valolta suojaa yleensä silmän luontainen sulkeutumisrefleksi, joka ei kuitenkaan ole riittävän nopea esimerkiksi voimakastehoisen laserin tapauksessa. Toisaalta jos kirkasta kohdetta, kuten aurinkoa, tietoisesti tuijotetaan kauemmin, verkkokalvovaurioita voi syntyä jo muutaman minuutin aikana. Tällaisia vaurioita on tullut mm. osittaisen auringonpimennyksen seuraamisen aikana. Voimakas infrapunasäteily aiheuttaa harmaakaihia, sillä silmän mykiöön imeytyvä teho lämmittää mykiötä eikä ylimääräinen lämpö poistu mykiöstä verenkierron avulla. Voimakkaita infrapunasäteilylähteitä on valimoissa sekä metalli- ja lasiteollisuudessa. Harmaakaihia on ollut mm. lasinpuhaltajilla.

Lasersäteily

Lasersäteilyn vaarallisuus perustuu sen kykyyn kohdistaa suuria säteilyenergioita ja -tehoja pieneen kudostilavuuteen. Lisäksi säteilyn teho pienenee hyvin hitaasti etäisyyden kasvaessa. Toisaalta lasersäteily ei etene syvälle kudokseen, mikä rajaa haittavaikutukset ihoon ja silmiin. Varsinkin näkyvän valon ja lyhytaaltoisimman infrapunasäteilyn aallonpituusalueilla toimivat laserit voivat aiheuttaa pysyviä verkkokalvovaurioita. Valotehosteina käytettävät suuritehoiset ns. show-laserit voivat olla vaarallisia, jos laserin säde tai sen heijastus osuu silmään. Iholle suuritehoinen lasersäde voi aiheuttaa palovamman.

Radiotaajuinen säteily

Radiotaajuisen säteilyn vaikutukset johtuvat kudosten paikallisesta lämpenemisestä ja koko kehon lämmönsäätelyjärjestelmän ylikuormittumisesta. Radiotaajuisen säteilyn aiheuttama lämpeneminen voi olla elimistön normaalia lämpenemistä haitallisempaa, koska se voi ulottua syvälle sisäelimiin asti

ja olla hyvinkin epätasaista. Paikallinen lämpeneminen on vaarallista, kun kudosten lämpötila ylittää noin 43 °C, jolloin soluja alkaa kuolla kiihtyvällä vauhdilla. Suuritehoiset radiotaajuista säteilyä aiheuttavat laitteet, kuten mikroaaltokuivaimet ja -uunit, suurtehotutkat, yleisradiolaitteet ja teollisuuden suurtaajuuskuumentimet, voivat aiheuttaa onnettomuustilanteissa vakavia sisäisiä palovammoja. Suurtaajuuskuumentimien ja etenkin muovinsaumainten käyttäjillä voi normaalissa työtilanteessa olla kohtalaista altistumisrajat ylittävää lämpenemistä varsinkin käsissä, mikä ei kuitenkaan ole aiheuttanut kudosisäilyä. Onnettomuustilanteissa on työntekijän käsi jäänyt työterän ja pöydän väliin, jolloin suuri radiotaajuinen teho on muutamassa sekunnissa aiheuttanut vakavan palovamman, mikä on johtanut käden amputointiin. Pienempiä pinnallisia palovammoja on tullut suurtaajuuskuumentimien käytön yhteydessä ja yleisradioasemilla, kun metalliosiin on koskettu radiotaajuudessa kentässä. Voimakas mikroaaltosäteily aiheuttaa myös harmaakaihia samalla tavalla kuin infrapunasäteily. Mikroaaltojen käytön alkuvaiheissa 1950-luvulla on raportoitu tapauksesta, jossa teknikko työskenteli muutaman tunnin voimakkaasti säteilevän mikroaaltoantennin läheisyydessä. Hän tunsi mikroaaltosäteilyn miellyttävänä lämmöntunteena kasvoiltaan. Pari päivää altistumisen jälkeen teknikko huomasi, että toisessa silmässä näkö oli heikentynyt selvästi. Lääkärintarkastus osoitti silmään kehittyneen akuutin harmaakaihien mikroaaltosäteilyä seurauksena.

Edellä mainitut radiotaajuisten säteilylähteet ja altistumiset koskevat lähinnä työssä tapahtuvaa altistumista. Väestön altistuminen mikroaaltouunin mikroaaltosäteilylle on hyvin vähäistä. Mikroaaltouunit eivät toimi luukkuauki, ja uunien luukun rakenne on sellainen, että vuotosäteily on hyvin vähäistä eikä lisääntynyt merkittävästi 15 vuoden käyttökäytön jälkeen. Vuotosäteily kasvaa ainoastaan siinä tilanteessa, että luukku on kolhittu siten, että siinä on lommoja ja halkeamia. Mikroaaltokuivaimia käytetään entistä enemmän rakennusten kostuneiden betonirakenteiden kuivaukseen. Kuivain on periaatteessa avoin mikroaaltouuni, jonka teho kohdistetaan kostuneeseen betoniin. Väärin käytettynä laite on erittäin vaarallinen. STUK on antanut tiukat turvallisuusohjeet mikroaaltokuivaukseen, ja toisaalta uudet kuivaimet on varustettu turvakytkimillä, jotka estävät mikroaaltotehon kytkeytymisen, jos kuivain ei ole tiiviisti kuivattavaa pintaa vastaan.

Matkapuhelinlaitteet ovat merkittävin väestön altistaja radiotaajuusalueella. Nykyisten GSM-käsipuhelimien teho on kuitenkin niin pieni, että mikroaaltosäteilyä aiheuttama lämpötilan nousu aivojen pinnalla on korkeintaan muu-

tamia kymmenysosa-asteita. Tällaista lämpötilan nousua ei pidetä nykykäsit-tyksen mukaan terveydelle haitallisena edes toistuvassa pitkäaikaisessa altis- tuksessa. Mikroaaltosäteilyllä voi olla kuitenkin muita kuin lämpöön perustu- via vaikutuksia. Koska matkapuhelimien säteilylle altistuu suuri osa väestös- tä Suomessa ja muissakin teollisuusmaissa, säteilyn vaikutuksia on syytä tutkia perusteellisesti. Matkapuhelimien mahdollisiin terveyshaittoihin liitty- vä tutkimus voidaan jakaa dosimetrisen, biologiseen ja epidemiologiseen sekä ihmistutkimukseen. Dosimetrisessä tutkimuksessa kehitetään tarkkoja mene- telmiä matkapuhelimesta päähän imeytyvän tehon määrittämiseksi matka- puhelintestauksia varten. Lisäksi suunnitellaan ja rakennetaan biologisessa tutkimuksessa käytettäviä altistuslaitteistoja, joiden soluihin tai eläimiin ai- heuttama altistustaso tiedetään mahdollisimman tarkasti. Biologisessa tutki- muksessa selvitetään solukokeilla matkapuhelimien säteilyn vaikutusmeka- nismeja ja eläinkokeilla säteilyn mahdollisia syövän kehittymistä edistäviä vaikutuksia. Epidemiologisessa tutkimuksessa kartoitetaan tilastollisin mene- telmin suuresta ihmisjoukosta, onko matkapuhelimen käyttäjillä normaalia enemmän tiettyjä syöpälajeja. Ihmistutkimuksessa selvitetään matkapuheli- men säteilyn vaikutuksia elin- ja aivotointoihin, esimerkiksi verenpaineeseen, muistamiseen ja erilaisiin tuntemuksiin. Toistaiseksi ei ole kiistatonta tieteellistä näyttöä matkapuhelimen mikroaaltosäteilyn terveyshaitoista. Vä- lillisiä vaikutuksia matkapuhelimien käytöllä on kuitenkin ollut. Liikenneon- nettomuuksia on aiheutunut tilanteissa, joissa auton kuljettaja on käyttänyt matkapuhelinta. Lisäksi matkapuhelimen säteily saattaa häiritä lähellä olevi- en sähkölaitteiden toimintaa. Erityisen haitallista häiriintyminen on sairaa- lassa ja lentokoneessa, joten näissä paikoissa matkapuhelimen virta on oltava kytkettynä pois päältä.

Matkapuhelimien lisääntyneen käytön vuoksi myös matkapuhelintukiasemien määrä on kasvanut nopeasti. Maaseudulla tukiaseman antennit sijoitetaan erillisiin mastoihin, mutta taajamassa antennit sijoitetaan kerrostalojen katoille ja seinille hyvinkin lähelle asuinhuoneistoja. Yhä enemmän antennit sijoitetaan myös sisätiloihin. Tukiasema-antennien määrän lisääntyminen ja niiden sijoitus lähelle asuntoja on huolestuttanut varsinkin antennien lähellä asuvia ihmisiä ja herättänyt kysymyksiä mahdollisista terveyshaitoista. Mit- tausten perusteella tukiasema-antennien aiheuttama mikroaaltosäteilyn taso asuinhuoneistoissa on ollut suurimmillaan noin 200 kertaa pienempi kuin väestölle hyväksyttävä enimmäisarvo. Tyypillisesti kerrostalohuoneistoissa säteilytaso on 10 000 – 100 000 kertaa pienempi ja maaseudulla muutaman kymmenen metriä korkean maston läheisyydessä noin miljoona kertaa pie-

nempi kuin väestön altistumisen enimmäisarvo. Pitkäaikaisesta altistumisesta tällaiselle säteilytasolle ei ole terveydellistä haittaa.

Pientaajuiset ja staattiset sähkö- ja magneettikentät

Pientaajuisille sähkö- ja magneettikentille väestö altistuu yleisesti erilaisten sähkölaitteiden, voimalinjojen ja näyttöpäätteiden läheisyydessä. Kenttien voimakkuudet ovat kuitenkin niin pieniä, (magneettikentän voimakkuus korkeintaan muutama mikrotlesla) etteivät kehoon syntyvät sähkövirrat ärsytä hermo- ja lihassoluja. Osa noin 100 tilastollisesta tutkimuksesta, joita on tehty viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana, viittaa mikrotleslatason magneettikentän mahdollisiin terveyshaittoihin, lähinnä leukemian, keskushermostosyöpien ja imukudossyöpien riskin lievään kasvuun. Näitä epäilyjä ei ole voitu kuitenkaan varmentaa eikä toistaiseksi tunneta sellaista vaikutusmekanismia, jolla pientaajuinen mikrotleslatason magneettikenttä voisi vaikuttaa soluihin. Tutkimus ja keskustelu syöpäriskistä jatkuu, ja voi olla, että tieteellisellä tutkimuksella ei saada koskaan selville, onko pientaajuisella magneettikentällä yhteyttä syövän kehittymiseen.

Hyvin voimakkaiden pientaajuisten magneettikenttien vaikutukset tunnetaan hyvin. Kehoon syntyy suuria sähkövirtoja, jotka ärsyttävät aistin-, hermo- ja lihassoluja samalla tavalla kuin kosketettaessa jännitteellistä metalliesinettä. Yli 3000 mikrotleslan magneettikenttä aiheuttaa silmiin epämääräisiä valoilmioita, mitkä johtuvat todennäköisesti verkkokalvon solujen ärsyyntymisestä. Hermo- ja lihassolut ärsyyntyvät yli 100 000 mikrotleslan kentässä, millaista ei tosin normaalissa elinympäristössä ole. Ärsytyskynnyksen ylittäviä kentänvoimakkuuksia on teoriassa varashälyttimien ja metallinpaljastimien läheisyydessä, mutta käytännössä tällaista ilmiötä ei ole havaittu. Magneettikuvauslaitteessa on ärsytyskynnyksen ylittäviä pientaajuisia kenttiä sekä suurin staattinen magneettikenttä, jolle käytännössä voi altistua. Nykyisillä kuvauslaitteilla staattisen magneettikentän suurin vuontiheys on tyypillisesti 1,5 teslaa. Sitä ei pidetä lyhytaikaisessa altistuksessa terveydelle haitallisena. Kehitteillä on kuitenkin laitteita, joissa käytetään suurempia vuontiheyksiä. Yli 4 teslan vuontiheyden arvioidaan aiheuttavan jo huomattavia terveyshaittoja, mm. huimausta, pahoinvointia, verenpaineen nousua ja sydämen rytmihäiriöitä. Lisäksi magneettikuvauslaitteen aiheuttama radiotaajuinen altistus on huomattavan suuri.

Pientaajuisilla sähkö- ja magneettikentillä on välillisiä vaikutuksia. Esimerkiksi sydämentahdistin voi häiriintyä voimajohtojen ja varashälyttimien sekä metallinpaljastimien läheisyydessä. Australiassa on raportoitu tapauksesta, jossa sydämentahdistinpotilas meni tajuttomaksi nojattuaan kirjaston varashälytinporttiin. Lentoasemilla sydäntahdistinpotilaiden on syytä ottaa yhteyttä henkilökuntaan ennen metallinpaljastimeen menemistä. Magneettikuvauslaitteeseen ei saa panna sydäntahdistinpotilasta eikä myöskään sellaista potilasta, jolla on metallisia istutteita kehossa.

Aiheesta enemmän:

Mikroaaltouunien säteilyturvallisuus. STUK tiedottaa 3/90.

Ionisoimaton säteily. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Säteilyturvakeskus, 11/1996.

Auringon UV-säteily ja terveys. STUK tiedottaa 1/96.

Solariumit ja niiden UV-säteily. STUK tiedottaa 2/99.

Jokela K, Leszczynski D, Paile W, Salomaa S, Puranen L, Hyysalo P. Matkapuhelimien ja tukiasemien säteilyturvallisuus. STUK-A141. Helsinki, Oy Edita Ab, 1997.

Mikroaaltokuivauksen turvallisuus. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Säteilyturvakeskus, 2001.

EU:N SÄTEILYN KÄYTTÖÄ KOSKEVAT SUOSITUKSET JA OHJEET SÄTEILYTURVAKESKUKSEN ST-OHJEET SEKÄ SUOSITUKSET

Olavi Pukkila
Säteilyturvakeskus

EU:n säädökset ja suositukset

Euroopan komission toiminta säteilysuojelun alalla perustuu Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimukseen (ns. EURATOM-sopimus), jonka perusteella yhteisön tehtäväksi on annettu luoda yhtenäiset säteilysuojelun perusnormit ja komissiolle velvoite valvoa niiden toteutumista. Perusnormit työntekijöiden ja väestön suojelemiseksi on annettu niin sanotussa BSS-direktiivissä (96/29/Euratom). Perusnormeja täydennetään säteilyn lääketieteellisen käytön osalta niin sanotulla MED-direktiivillä (97/43/Euratom). Direktiivit eivät ole sellaisenaan jäsenmaita sitovia, vaan niiden säädökset on saatettava jäsenmaiden kansalliseen lainsäädäntöön.

Säteilyn lääketieteellisessä käytössä tutkittavalle tai hoidettavalle henkilölle aiheutuvaan säteilyaltistukseen ei sovelleta perusnormien mukaisia annosrajoja. Tämän vuoksi säteilyn käytön oikeutusharkinta ja altistuksen optimointi ovat erityisen tärkeässä asemassa. Niiden käytännön toteutumiseen liittyy toiminto- ja tapauskohtaisia arviointeja ja monien yksityiskohtien huomioon ottamista, joita ei voida ohjata säädösten ja määräysten kautta. Tämän vuoksi säädösten tueksi tarvitaan erilaisia suosituksia ja ohjeita.

Euroopan komissio julkaisee suosituksia erilaisista säteilysuojelukysymyksistä. Suosituksia on kolmenlaisia: Komission viralliset suositukset ovat säädösmuotoisia ja ne julkaistaan Euroopan yhteisöjen virallisessa lehdessä (EYVL). Säteilyn lääketieteellisestä käytöstä ei näitä suosituksia ole annettu. Toisen ryhmän muodostavat ´Säteilysuojelu´-sarjassa julkaistavat tekniset oppaat, jotka komissio laatii yhteistyössä Euratom-sopimuksen artiklassa 31 määritellyn asiantuntijaryhmän kanssa. Ryhmä osallistuu myös kaikkien Euratom-sopimuksen alaisten säädösten valmisteluun (kuten BSS- ja MED-direktiivit).

Kolmas ryhmä on komission julkaisemat suositukset, joita laativat komission perustamat erilaiset työryhmät. Näitä on valmisteltu erityisesti komission tutkimusosaston toimesta. Esimerkkinä voidaan mainita aikuisten ja lasten röntgentutkimusten laatukriteerit.

Komissio on julkaissut 1990-luvun loppupuoliskolla ja 2000-luvun alussa useita 'Säteilysuojelu'-sarjan oppaita sekä muita suosituksia. Oppaat ja suositukset eivät ole luonteeltaan sitovia, eivätkä sovellutusalueeltaan aina kattavia, mutta antavat hyödyllistä vertailupohjaa säteilyn lääketieteellisen käytön oikeutusharkintaan ja altistuksen optimointiin. Oppaat antavat siten suunta- viivoja lainsäädännössä asetettujen vaatimusten käytännön toteuttamiselle. Komission julkaisemat tekniset oppaat on tarkoitettu avuksi kansallisille viranomaisille, terveydenhuollosta päättävälle tahoille, lääkäreille ja muulle terveydenhuollon henkilöstölle.

EU-direktiivit ja muut säädökset löytyvät Euroopan yhteisöjen kotisivuilta jäsenmaiden kielillä osoitteesta <http://europa.eu.int/eur-lex/fi/index.html> ja edellä mainitut säteilysuojelusarjan julkaisut internet-osoitteesta <http://europa.eu.int/comm/environment/radprot/index.htm>. EU-raportteja ja muita julkaisuja voi tilata esimerkiksi Akateemisen kirjakaupan kautta.

EY-säädösten saattaminen kansallisen lainsäädäntöön

BSS-direktiivin säädökset on saatettu suomalaiseen lainsäädäntöön säteilylailla, säteilyasetuksella ja STUK:in ST-ohjeilla. Viimeisimmät BSS-direktiivin täytäntöön panoon liittyvät ST-ohjeet annettiin vuonna 2000 (ST-ohjeet 7.1, 7.4 ja 12.1). MED-direktiivin säädökset saatettiin suomalaiseen lainsäädäntöön säteilylain muutoksella (1142/1998) ja sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (423/2000). Asetuksessa annettiin STUKille velvoite valvoa asetuksen määräysten täytäntöön panoa ja antaa tarkempia määräyksiä muun muassa säteilylaitteiden käytönaikaisista hyväksyttävyyksivaatimuksista, röntgentutkimusten vertailutasoista ja säteily-suojelukoulutuksesta. Nämä määräykset annetaan ST-ohjeissa, joiden valmistelu on vielä käynnissä. Lisäksi STUK-tiedotteissa annetaan ohjeita hyvistä käytännöistä ja selvennetään säteilylainsäädännössä edellytetyjä vaatimuksia ja niiden käytännön toteutusta. Esimerkkinä STUK-tiedottaa-opas 'TT-laitteiden laadunvarmistus'. STUK-tiedottaa-opasta valmistellaan parhaillaan myös potilaan säteilyaltistuksen määrittämisestä ja röntgenlaitteiden tekni-

sestä laadunvarmistuksesta. Sähköisessä muodossa olevat ST-ohjeet on tulostettavissa osoitteesta <http://www.stuk.fi/julkaisut/ohjeet.html> ja STUK-tiedottaa-oppaat osoitteesta <http://www.stuk.fi/julkaisut>.

TERVEYDENHUOLLON HENKILÖSTÖN SÄTEILYSUOJELUKOULUTUSVAATIMUKSET

Olavi Pukkila
Säteilyturvakeskus

Suomessa tuli voimaan 10.5.2000 sosiaali- ja terveysministeriön asetus (423/2000) säteilyn lääketieteellisestä käytöstä. Tämän asetuksen viides luku käsittelee koulutusvaatimuksia. Luvun lopussa (29 §) on siirtymäsäännös, jonka mukaan asetuksen koulutusvaatimusten tulee olla täytetyt vuoden 2004 loppuun mennessä.

Asetuksen mukaan Säteilyturvakeskus asettaa säteilysuojelukoulutusta koskevat sisältövaatimukset säteilyn lääketieteelliseen käyttöön osallistuvien henkilöiden ammatillisen täydenniskoulutuksen sekä läheteitä antavien lääkäreiden peruskoulutuksen osalta. Näiden koulutusvaatimusten sisältöä valmistellaan Säteilyturvakeskuksessa.

Voidaan ennakoida, että peruskoulutuksen sisältövaatimukset noudattavat suurelta osin em. asetusta valmistelleen työryhmän muistion (STM 1999:16) liitteessä 2 esitettyä säteilysuojelukoulutuksen sisältöä.

Täydenniskoulutuksen osalta sisältövaatimusten tulisi sisältää mm. joidenkin peruskoulutukseen kuuluvien asioiden kertausta, uusien määräysten ja suositusten sisällön informointia ja käyttöpaikoilla olevien säteilylähteiden optimaaliseen käyttöön liittyviä asioita. Täydenniskoulutuksen sisältö tulisi käytännössä muokata eri henkilöstöryhmien työtehtävien mukaisesti joustavalla tavalla siten, että koulutukseen käytettyä minimiaikamäärää voidaan pitää sopivana eri osapuolia tyydyttävänä kompromissina.

Koulutusta koskevia vaatimuksia asetettaessa tullaan varmaankin myös huomioimaan Euroopan komission säteilysuojelujulkaisussa 116 esitetyt koulutusasiat. Komission näkemys lääkinnälliseen säteilyaltistukseen liittyvästä säteilysuojelukoulutuksesta ja harjoittelusta on esitetty kyseisessä julkaisussa (kts. <http://europa.eu.int/comm/environment/radprot/116/rp - 116 - en.pdf>).

KUINKA POTILAAN SÄTEILYALTISTUSTA ON SEURATTAVA, SÄTEILYALTISTUKSEN VERTAILUTASOT

Ritva Havukainen
Säteilyturvakeskus

Taustaa

Säteilyn lääketieteellisestä käytöstä annetussa sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (423/2000) säädetään, että röntgentutkimuksista aiheutuvia säteilyannoksia tulee säännöllisesti mitata tai arvioida laskennallisesti. Annostiedot on tallennettava ja niitä on järjestelmällisesti vertailtava vertailutasoihin. Jos vertailutaso todetaan toistuvasti ylittyvän, tulee selvittää ylitysten syyt ja tehdä tarpeelliset toimenpiteet säteilyaltistusten pienentämiseksi. Röntgentutkimuksia varten on otettava käyttöön asianmukaisesti määritellyt vertailutasot silloin, kun niitä on saatavissa.

STUK antoi kirjeellään 8.12.2000 vertailutasot tiettyjä aikuisten röntgentutkimuksia varten. Kun vertailutasojen käytöstä saadaan kokemuksia, niitä tarkistetaan tarvittaessa.

Vertailutasot

Vertailutasolla tarkoitetaan etukäteen määriteltyä röntgentutkimuksen säteilyannostasoa, jonka ei oleteta ylittyvän normaalikokoiselle potilaalle hyvän käytännön mukaan tehdyssä toimenpiteessä.

Vertailutasoa ei ole tarkoitettu käytettäväksi yksittäisten potilaiden säteilyannosten rajoittamiseen, vaan sovituin kriteerein valitun potilasjoukon keskimääräisen säteilyaltistuksen vertaamiseksi hyvän käytännön mukaiseen altistukseen. Vertailutasojen avulla on mahdollista löytää tarpeettoman suurella säteilyaltistuksella toimivat laitteet ja toiminnot.

Vertailutasojen ylittyminen ei välttämättä tarkoita, että tutkimus olisi tehty huonosti. Vertailutasoa suuremman altistuksen käyttäminen voi olla perustel-

tua esimerkiksi tavallista paremman kuvanlaadun vuoksi. Toisaalta se, että vertailutasot eivät ylity, ei vielä merkitse sitä, että tutkimus olisi säteilyturvallisuuden kannalta optimoitu. Tällöinkin on varmistuttava, että kuvanlaatu on riittävä luotettavan diagnoosin tekoon eikä säteilyaltistus ole tarpeettoman suuri.

STUKin antamat vertailutasot tietyille tavanomaisille tutkimuksille pinta-annoksina ja pinta-ala-annoksina on esitetty taulukoissa I - II ja tietokonetomografiatutkimuksille painotettuina TT-annosindeksinä ja annoksen ja pituuden tuloina taulukossa III.

Taulukko I. Tavanomaisten röntgentutkimusten vertailutasoja pinta-annoksina aikuisille.

Kuvausprojektio	Pinta-annos/projektio (ESD) ¹⁾ [mGy]
Keuhkot PA	0,2
Keuhkot LAT	1
Lanneranka AP	8
Lanneranka LAT	25
Lanneranka LSJ (LV - S1)	35
Lantio AP	8
Urografia (kuvaa kohti)	8
Natiivivatsa AP, seisten	8
Rinta ^{**)} CC, MLO, LAT	10
Kallo PA	5
Kallo LAT	3
Sinus, kuutamo	5
Hammaskuvaus, ylämolaari	5

¹⁾ Pinta-annoksella tarkoitetaan absorboitunutta annosta iholla (Entrance Surface Dose, ESD)

^{**)} Hilaa käytettäessä

Taulukko II. Tavanomaisten röntgentutkimusten vertailutasoja pinta-ala-annoksina aikuisille.

Kuvausprojektio	Pinta-ala-annos (DAP) ¹⁾ [Gy · cm ²] (koko tutkimus)
Keuhkot PA+ LAT	0,6
Lanneranka AP+LAT	10
Lantio AP	4
Urografia	20
Paksusuoli	50
Hampaiston ja leuan panoraamatografia	0,12

¹⁾ Säteilykeilan poikkileikkauksen pinta-alan ja annoksen tulo (Dose Area Product, DAP).

Taulukko III. Tietokonetomografiatutkimusten vertailutasoja aikuisille.

TT-tutkimus	Painotettu TT-annosindeksi CTDI _w [mGy] ¹⁾	Annoksen ja pituuden tulo DLP [mGy · cm] ¹⁾
<i>Pään alueen TT-tutkimus</i>		
kasvot, sinukset	35	350
muu päänalue	60	1 050
<i>Vartalon alueen TT-tutkimus</i>		
keuhkot	30	650
lantio	35	600
vatsa, lanneranka, munuaiset, haima	35	800
maksa, perna	35	900
<i>Kaularangan TT-tutkimus</i>		
	70	450

¹⁾ Akryylimuovinen (tai vastaava) sylinterin muotoinen fantomi, jonka halkaisija pään alueen tutkimuksissa on 16 cm ja vartalon alueen tutkimuksissa 32 cm. CTDI_w = Weighted Computed Tomography Dose Index, DLP = Dose Length Product.

Potilaan säteilyaltistuksen seuranta

STUK on edellyttänyt turvallisuusluvan haltijoille osoittamassaan kirjeessä, että säteilyaltistus mitataan tai arvioidaan laskennallisesti vähintään kolmen vuoden välein. Altistus määritetään kullakin tutkimustelineellä, yleisimmin tehtävissä tutkimustyypeissä, vähintään yhdessä kuvausprojektiossa, jolle vertailutaso on määritetty.

Säteilyaltistus mitataan tai arvioidaan laskennallisesti käytössä olevien kuvausarvojen perusteella vähintään kymmenelle potilaalle. Potilaat valitaan niin, että mammografiatutkimuksessa tutkittavan potilaan puristetun rinnan paksuus on välillä 4 - 6 cm. Valitulle potilasjoukolle paksuuksien keskiarvon tulisi olla noin 5 cm. Muissa tutkimuksissa potilaiden painon tulee olla välillä 55 - 85 kg ja painojen keskiarvon tulisi olla noin 70 kg. Tällaiselle potilasjoukolle määritetään ohjeiden mukaan säteilyaltistuksen keskiarvo, jota verrataan vertailutasoon.

Säteilyaltistus määrittäminen ja altistuksen vertaaminen vertailutasoon tehdään uudelleen, jos tutkimuskäytäntöön tai laitteistoon tehdään säteilyaltistukseen vaikuttavia muutoksia tai korjauksia.

Välivuosina varmistetaan, että säteilyaltistus ei ole muuttunut eikä kuvanlaatu ole huonontunut. Varmistus tehdään kullakin tutkimustelineellä ainakin yhden tutkimustyyppin yhdessä kuvausprojektiossa. Varmistus voidaan tehdä esimerkiksi kuvaamalla homogeenista testikappaletta ja kirjaamalla valotusautomaatin käyttämä sähkömäärä (mAs), mittaamalla filmin mustuma ja mittaamalla tai laskemalla säteilyaltistus.

Säteilyaltistukset määritetään ja tulokset tallennetaan. Jos vertailutasot ylittyvät, selvitetään ylitysten syyt ja tehdään tarvittaessa korjaustoimenpiteitä, jonka jälkeen altistuksen määrittäminen ja vertailu vertailutasoihin tehdään uudelleen.

LÄÄKETIETEELLINEN SÄTEILYNKÄYTTÖ ERI MAISSA TILASTOJEN VALOSSA

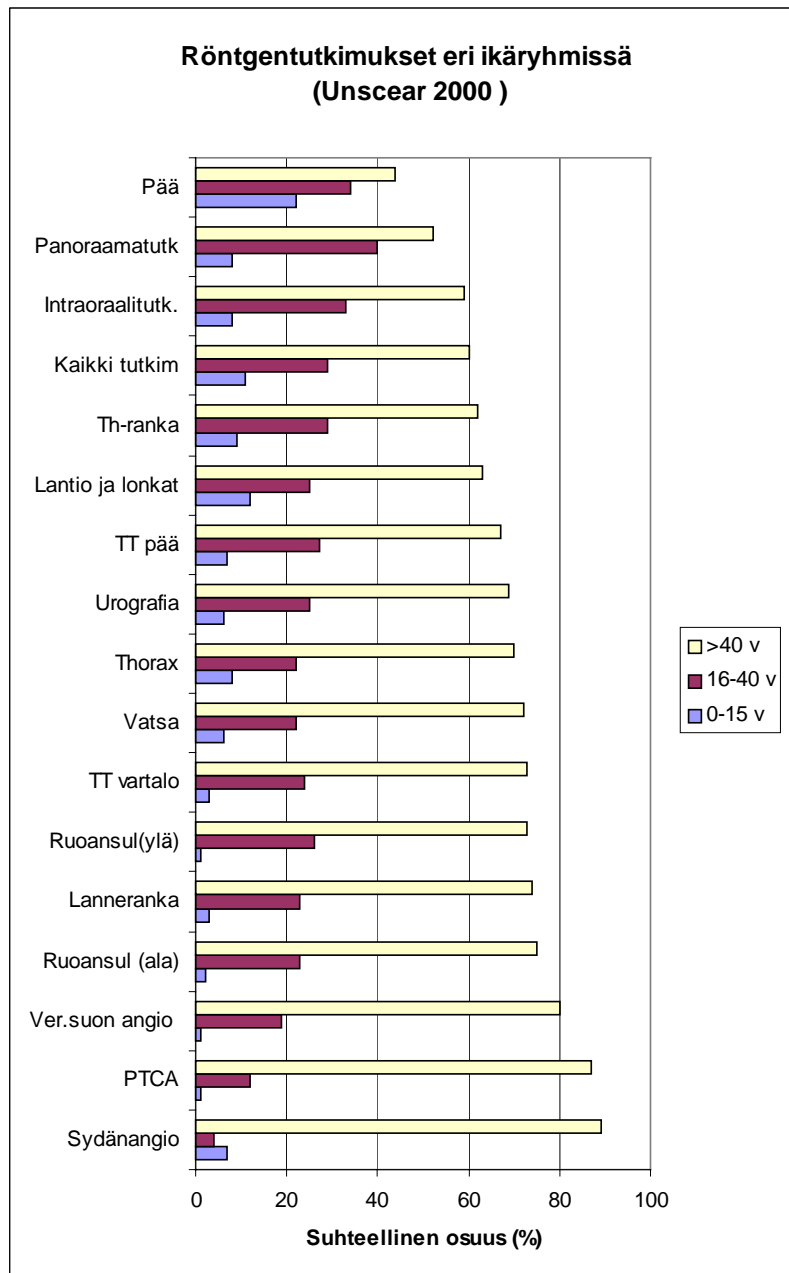
Antti Servomaa
Säteilyturvakeskus

Johdanto

Säteilynkäyttöön liittyvää tietoa on saatavissa useista eri lähteistä. YK:n tieteellinen järjestö UNSCEAR kerää säteilynkäyttöön liittyvää tietoa eri maista noin kuuden vuoden välein. Viimeisin raportti ilmestyi vuonna 2000 (United Nations 2000). Säteilyn lääketieteellisestä käytöstä siinä esitetään laitteiden, tutkimusten ja henkilöstön määrään ja säteilyannoksiin liittyvää tilastoa vuosilta 1991 - 1996. Raportti kattaa röntgentutkimukset, isotooppitutkimukset ja sädehoidon. Tässä artikkelissa tarkastellaan lääketieteellistä säteilynkäyttöä eri maissa UNSCEAR 2000 raporttiin perustuen, verrataan Suomen lääketieteellistä säteilynkäyttöä teollistuneiden maiden keskiarvoihin sekä Venäjän ja Suomen lähialueiden keskiarvoihin.

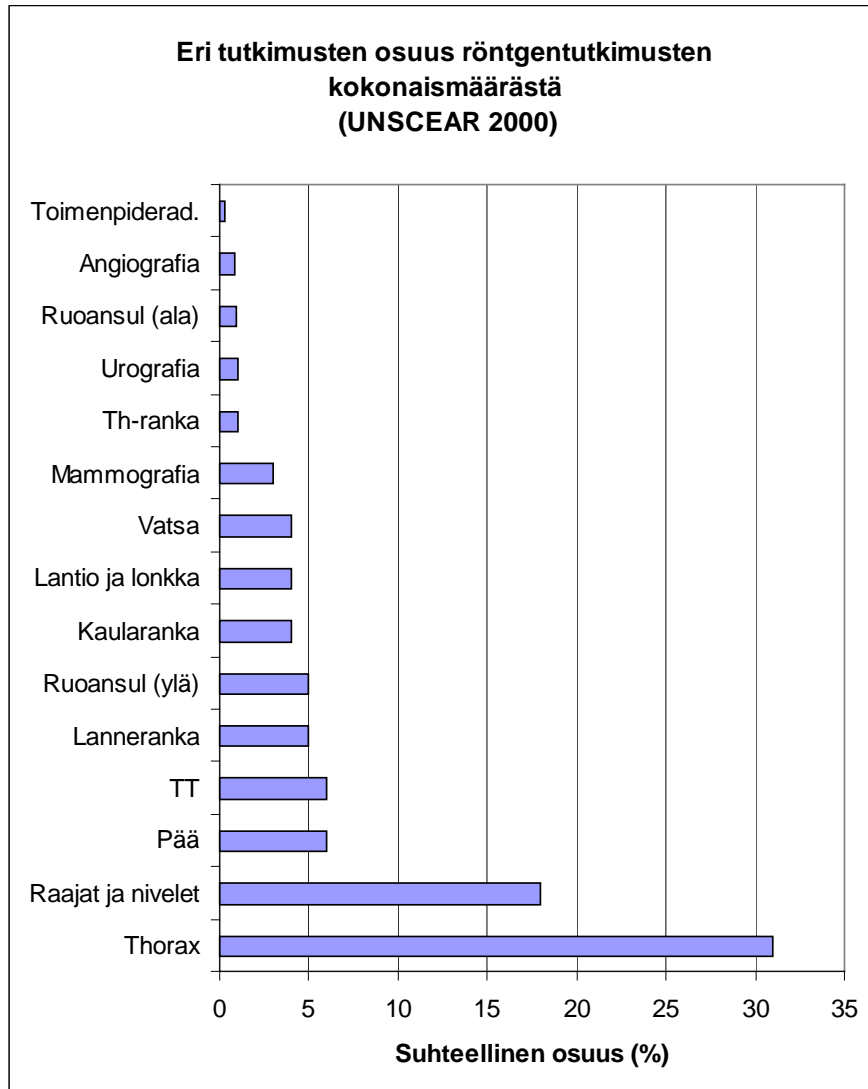
Lääketieteellinen säteilynkäyttö eri maissa

UNSCEAR on jakanut terveydenhuollon neljään ryhmään käyttäen perusteena lääkärin määrää asukaslukua kohti. Terveydenhuoltotaso I, jossa on vähintään yksi lääkäri 1000 asukasta kohti, kattaa ns. teollistuneet maat. Kuvissa 1 - 4 on esitetty lääketieteelliseen säteilynkäyttöön liittyvää keskiarvotilastoa, jonka UNSCEAR on johtanut eri maista keräämistään tilastoista. Kuvassa 1 on esitetty eri ikäryhmien suhteellinen osuus (%) eri röntgentutkimusten kokonaismäärästä. Kuvassa 2 on esitetty eri tutkimusten suhteellinen osuus kaikista röntgentutkimuksista. Kuvassa 3 on esitetty eri röntgentutkimuksista aiheutuva keskimääräinen efektiivinen annos. Kuvassa 4 on esitetty eri tutkimusten suhteellinen osuus kaikkien röntgentutkimusten aiheuttamasta kollektiivisesta efektiivisestä annoksesta.



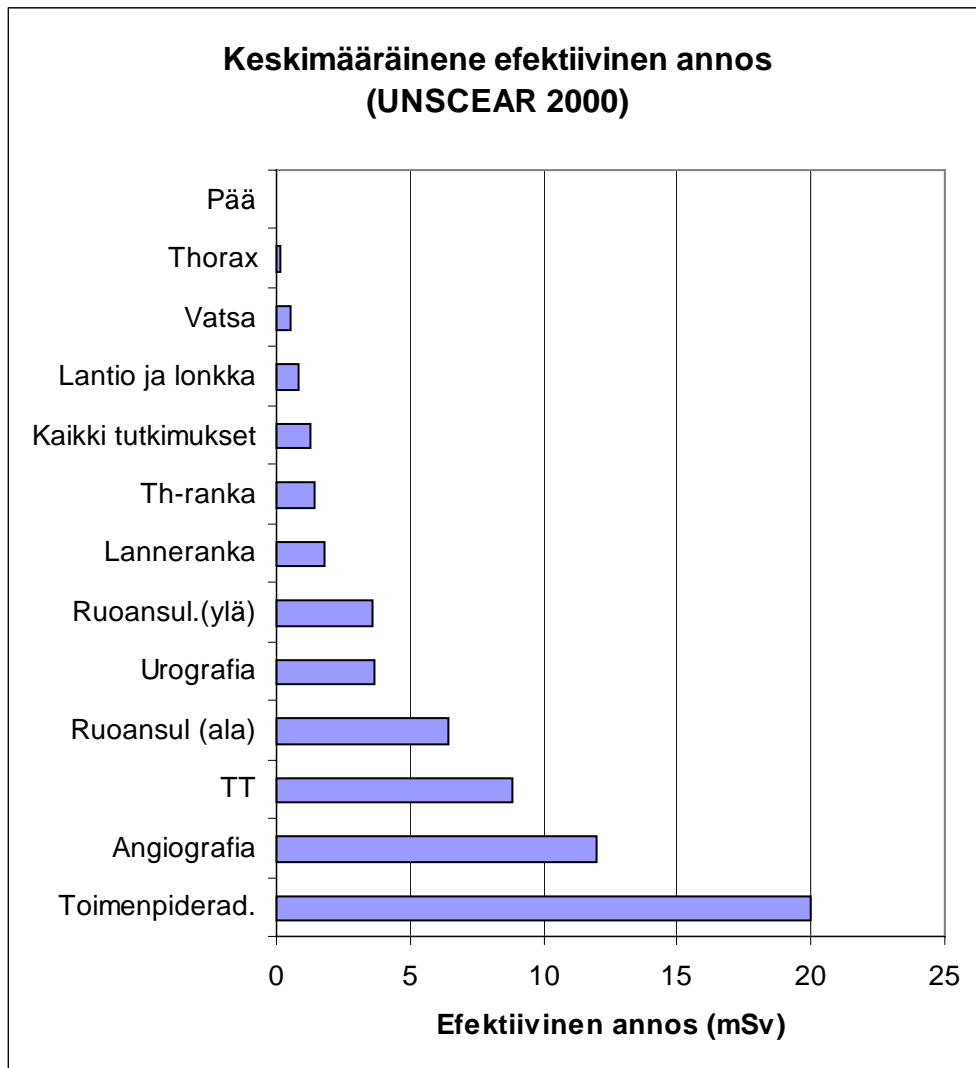
Kuva 1. Röntgentutkimusmäärien suhteellinen osuus kokonaistutkimusmäärästä eri ikäryhmissä UNSCEARin terveydenhuoltotasolla I.

Valtaosa (40 - 80 %) tutkimuksista tehdään yli 40-vuotiaille potilaille. Joissakin tutkimuksissa jopa 85 - 90 % tutkimuksista tehdään tälle ikäryhmälle.



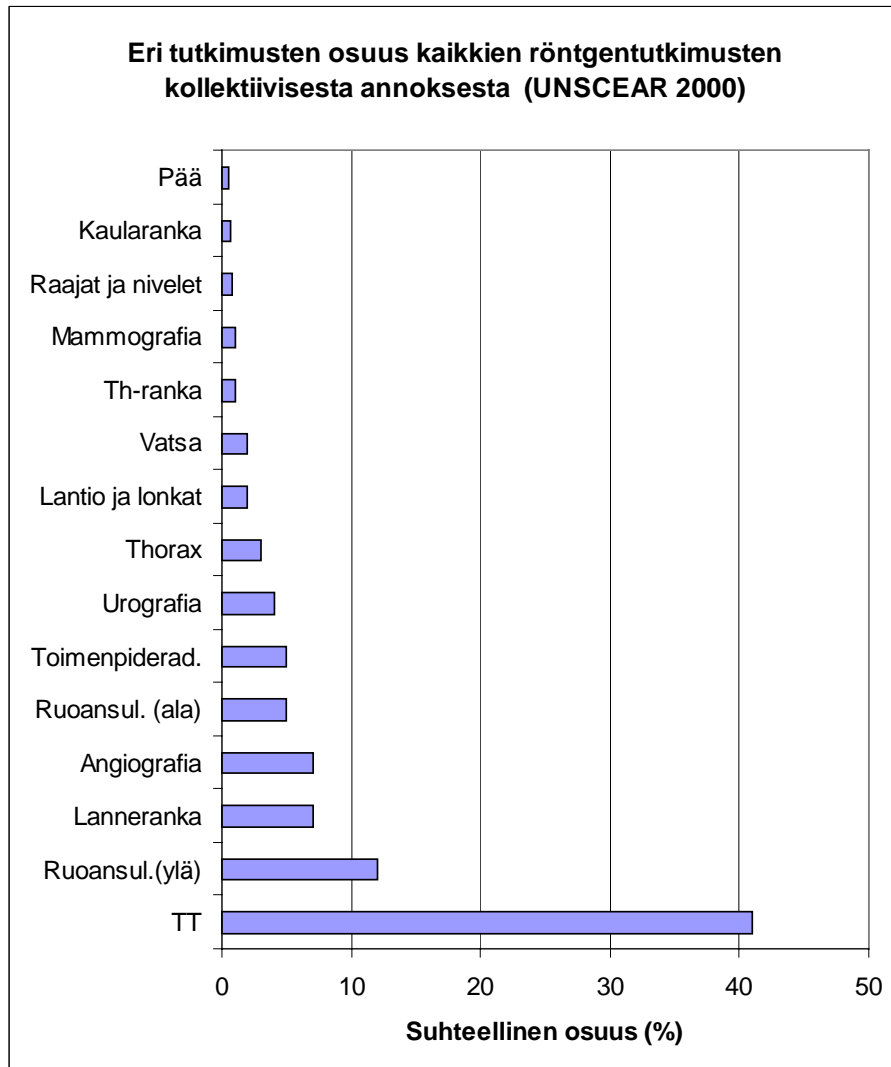
Kuva 2. Eri tutkimusten suhteellinen osuus röntgentutkimusten kokonaismäärästä. UNSCEARin taso I.

Keuhkotutkimukset muodostavat noin 30 %, raajojen ja nivelten tutkimukset noin 18 % ja TT-tutkimukset noin 6 % kaikista röntgentutkimuksista..



Kuva 3. Keskimääräinen efektiivinen annos eri röntgentutkimuksissa UNSCEARin tasolla I.

Keskimääräinen efektiivinen annos toimenpideradiologiassa on noin 20 mSv, angiografiassa noin 12 mSv ja tietokonetomografiassa noin 8 mSv.



Kuva 4. Eri tutkimuksista aiheutuvan kollektiivisen efektiivisen annoksen osuus kaikkien röntgentutkimusten aiheuttamasta kollektiivisesta efektiivisestä annoksesta UNSCEARin tasolla I.

Tietokonetomografiasta aiheutuvan annoksen osuus kollektiivisesta annoksesta on noin 40 %, vaikka TT-tutkimusten lukumäärä on vain noin 6 % kokonaistutkimusmäärästä. Toimenpideradiologiasta aiheutuvan annoksen osuus kollektiivisesta annoksesta tekee vain noin 5 % kaikkien röntgentutkimusten aiheuttamasta kollektiivisesta efektiivisestä annoksesta. Se johtuu radiologisten toimenpiteiden pienestä määrästä.

Taulukossa I on esitetty röntgentutkimuksista aiheutuva keskimääräinen efektiivinen annos eri maissa. (Unscear 2000). Keskimääräiset efektiiviset annokset asukasta kohti vaihtelevat välillä 0.4 - 1.9 mSv. Vaikka annostilastoihin liittyy epätarkkuuksia, erot ovat niin suuret, että radiologisessa käytännössä on myös suuria eroja eri maiden välillä.

Taulukossa II on esitetty radiologisen henkilöstön, tutkimus- ja hoitolaitteiden ja radiologisten tutkimusten lukumäärien ja potilasannosten vertailu teollistuneiden maiden (Unscear 2000 Taso I) ja Suomen välillä.

Taulukko I. Röntgentutkimuksista aiheutuva keskimääräinen efektiivinen annos eri maissa. (Unscear 2000)

Maa	Efektiivinen annos tutkimusta kohti (mSv)	Efektiivinen annos asukasta kohti vuodessa (mSv)
Australia	1.3	0.8
Kanada	1.05	0.94
Hollanti	1.0	0.6
Puola	1.2	0.8
Ranska		1.0
Ruotsi	1.2	0.68
Saksa	1.5	1.9
Suomi	0.63	0.45
Tanska	0.7	0.36
USA	0.5	0.5

Taulukko II. Henkilöstön, laitteiden ja tutkimusten lukumäärien ja potilasannosten vertailu UNSCEARin terveydenhuoltotason I ja Suomen välillä (UNSCEAR 2000). Taulukossa + tarkoittaa Suomen vertailuluvun olevan huomattavasti korkeampi ja - huomattavasti pienempi, kuin tason I maiden keskiarvo.

	Unsear 2000			Huomattava poikkeama
	(Taso I)	Suomi	Suhde	
Henkilöstön määrä miljoonaa asukasta kohti				
Lääkärit	2800	3261	1.16	
Radiologit	110	110	1.00	
Laitteiden lukumäärä miljoonaa asukasta kohti				
Röntgenlaitteet	298	313	1.05	
Hammaskuvauslaitteet	440	928	2.11	+
Mammografialaitteet	24	37.5	1.56	+
TT-laitteet	17	11.7	0.69	
MRI-laitteet	5.7	4.3	0.75	
Gammakamerat	7.2	11.3	1.57	+
PET-laitteet	0.2	0.2	1.00	
Lineaarikiihdyttimet	3.04	4.49	1.48	+
Co- ja Cs-hoitolaitteet	1.69	2.15	1.27	
Tutkimusmäärä 1000 asukasta kohti				
Kaikki röntgentutkimukset	920	820	0.89	
Thorax	236	240	1.02	
Lanneranka	45	20	0.44	-
Lonkat ja lantio	36	14	0.39	-
Kallo	60	51	0.85	
Vatsa	41	8.2	0.20	-
Ruoansulatuselimistö(yläosa)	54	1	0.02	-
Ruoansulatuselimistö(alaosa)	8.6	5.6	0.65	-
Urografia	12	2.9	0.24	-
Mammografia (seulonta)	21	27	1.29	
Mammografia(kliininen)	7.1	6.4	0.90	
TT kallo	14	15	1.07	
TT vartalo	19	9.4	0.49	-
Sydänangiografia	1.8	0.96	0.53	-
Toimenpideradiologia	2.7	1.7	0.63	
Intraoraalitutkimukset	365	254	0.70	
Panoraamatutkimukset	47	36	0.77	

Taulukko 2. Jatkuu.

Efekttiivinen annos (mSv)				
Thorax	0.14	0.1	0.71	
Lanneranka	1.8	2.3	1.28	
Lonkat ja lantio	0.83	1.3	1.57	+
Kallo	0.07	0.1	1.43	+
Vatsa	0.53	2.2	4.15	+
Ruoansulatuselimistö(yläosa)	3.6	9	2.50	+
Ruoansulatuselimistö(alaosa)	6.4	9.7	1.52	+
Urografia	3.7	4.5	1.22	
TT kallo	2.3	1.3	0.57	-
TT vartalo	13.3	7.9	0.59	-
Sydänangiografia	14.8	7.3	0.49	-

Henkilöstön määrissä ei ole huomattavia eroja Suomen ja terveydenhuoltotason I välillä. Laitteistojen osalta Suomessa on suhteellisesti enemmän hammas-, mammografia-, gammakamera- ja lineaarikiihdytin laitteita kuin tason I maissa keskimäärin. Tutkimusmäärät Suomessa ovat vartalon alueella (vatsa, lanneranka, ruoansulatuselimistö) huomattavasti pienempiä kuin tason I maissa keskimäärin. Säteilyannokset ovat useissa tutkimuksissa (lantio, lanneranka, kallo, vatsa ja ruoansulatuselimistö) suurempia ja TT-tutkimuksissa ja sydänangiografioissa pienempiä kuin tason I maissa keskimäärin. Annoseroihin on voinut vaikuttaa myös Suomessa tehtyjen mittausten vähäinen määrä.

Radiologinen toiminta Venäjällä ja Suomen lähialueilla

Suomessa on käytettävissä vain vähän tietoa säteilyn lääketieteellisestä käytöstä Venäjällä ja sen eri alueilla. Tämä tieto on kiinnostavaa paitsi Suomelle myös Euroopan unionille, jonka rajana myös Suomen ja Venäjän välinen raja toimii, ja kansainvälisille järjestöille. UNSCEAR 2000 -raportissa annetaan koko Venäjää koskevia tilastotietoja lääketieteellisestä säteilyn käytöstä. Koko maata koskeva tilasto ei aina ole tarkoituksenmukainen, vaan tarkempaa tietoa eri alueiden säteilynkäytöstä tarvitaan, etenkin Suomen lähialueilta. Lääketieteellisestä säteilynkäytöstä Venäjällä vuosina 1980 - 1997 on julkaistu kattava tilasto vuonna 1999 (Ivanov 1999). Raportti sisältää tilastotietoa röntgenlaitteista, tutkimusmääristä, potilasannoksista ja henkilökunnasta, kaikkiaan 73 hallintoalueelta Venäjällä. Taulukossa III on annettu rönt-

genlaitteiden ja -tutkimusten määrä, keskimääräinen efektiivinen annos ja radiologien ja röntgenhoitajien määrä Venäjällä (Ivanov 1999, Kalnisky 2001), Suomen lähialueilla (Murmansk, Karjalan tasavalta, Leningradin alue), Suomessa (United Nations 2000) sekä teollistuneissa maissa keskimäärin (UNSCEAR 2000) normitettuna väestömäärään.

Taulukko III. Röntgenlaitteiden ja -tutkimusten määrä, keskimääräinen efektiivinen annos ja radiologien ja röntgenhoitajien määrä Venäjällä ja Suomen lähialueilla (Ivanov 1999, Kalnisky 2001) (Murmansk, Karjalan tasavalta, Leningradin alue), Suomessa (United Nations 2000) ja teollistuneissa maissa keskimäärin (UNSCEAR 2000) normitettuna väestömäärään.

	Venäjä	Murmansk	Karjalan tasavalta	Leningradin alue	Suomi	UNSCEAR 2000 taso I
Väestömäärä (milj.)	148	1.05	0.78	1.67	5.1	1530
Laitemäärä ^a	235	272	254	251	313	331
Tutkimusmäärä ^a	1230	1320	992	1101	820	920
Efektiivinen an- nos ^b	0.80	0.77	0.83	0.70	0.50	1.20
Radiologit ^a	99	89	117	89	111	110
Röntgenhoitajat ^a	161	189	157	148	480	

^a Miljoonaa asukasta kohti

^b mSv asukasta kohti vuodessa röntgentutkimuksista

Tilastojen valossa ei radiologisessa toiminnassa Venäjän ja Suomen välillä ole kovin suuria eroja. Suomessa on laitemäärä, radiologien ja röntgenhoitajien määrä suurempi ja vastaavasti tutkimusmäärä ja säteilyannos pienempi kuin Venäjällä.

Yhteenveto

- Väestön ikääntyminen ja väestön muutto kaupunkeihin lisää tutkimusmääriä tulevaisuudessa

- Laite- ja tutkimusmäärissä sekä säteilyannoksissa on suuria eroja eri maiden välillä ja eri sairaaloiden välillä
- Tietokonetomografiasta aiheutuva säteilyannos muodostaa merkittävimmän yksittäisen osan (40 %) koko säteilyaltistuksesta.
- Teollistuneisiin maihin verrattuna Suomessa ei henkilöstön määrissä ole huomattavia eroja. Joissakin laiteryhmissä (hammas-, mammografia-, gammakamera- ja lineaarikiihdyttimet) on Suomessa enemmän laitteita, joissakin tutkimusryhmissä (vatsa, lanneranka, ruoansulatuselimistö) vähemmän tutkimuksia ja säteilyannokset (lantio, lanneranka, kallo, vatsa ja ruoansulatuselimistö) suurempai/pienempiä kuin teollistuneissa maissa keskimäärin.
- Radiologisessa toiminnassa Venäjällä ja Suomessa ei ole tilastojen valossa kovin suuria eroja. Käytetyt tunnusluvut eivät kuitenkaan kerro kaikkea radiologisen toiminnan tasosta säteilysuojelun suhteen.

Kirjallisuus

Ivanov SI, Jakubovskij-Lipskij JO, Bazjukin AB, Kalnitskij SA, Ivanov EB, Vlasova MM. Medical exposure of the population in Russia during 1980-1997. Statistics.Report No 8. Institute of Radiation Hygiene St.-Petersburg, Russia 1999 (venäjänkielinen).

Kalnisky SA, Bazukin AB, Vlasova MM, Ivanov SI, Ivanov EV, Jakubovskiy-Lipsky YO, Gontsov AA. Medical exposure in Russia. IAEA-CN-85-41. Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. Contributed papers. International Conference held in Malaga, Spain 26-30 March 2001, 64-66.

United Nations. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume 1: Sources. UN 2000.

POTILASANNOSTEN MÄÄRITTÄMINEN RÖNTGENKUVAUKSISSA JA TOIMINNAN SUUNNITTELUA VARTEN TEHTY ESITUTKIMUS

Matti Toivonen¹, Tuomo Komppa¹ ja Merja Wirtanen²
¹Säteilyturvakeskus, ²HUS/Töölön sairaala

Röntgentutkimusten potilasannosseuranta on osa laadunvarmistusta, ja sen tarkoituksena on tarkkailla kuvan laadun ja potilasannoksen optimaalisuutta tutkimuksissa aika ajoin toistettavien yksinkertaisten testien avulla. Säteilyturvakeskuksen ohjeessa 'Röntgen- ja isotooppitutkimusten vertailutasot' (596/310/00) on määritelty potilasannossuureet ja annettu potilasannosten vertailutasot sekä mittauksiin valittavien potilaiden painorajat. Seuraavassa tarkastellaan vaihtoehtoisia potilasannosten määrittämenetelmiä niitä koskevan esitutkimuksen perusteella, jonka STUK ja kuusi terveydenhuollon yksikköä tekivät vuonna 2000.

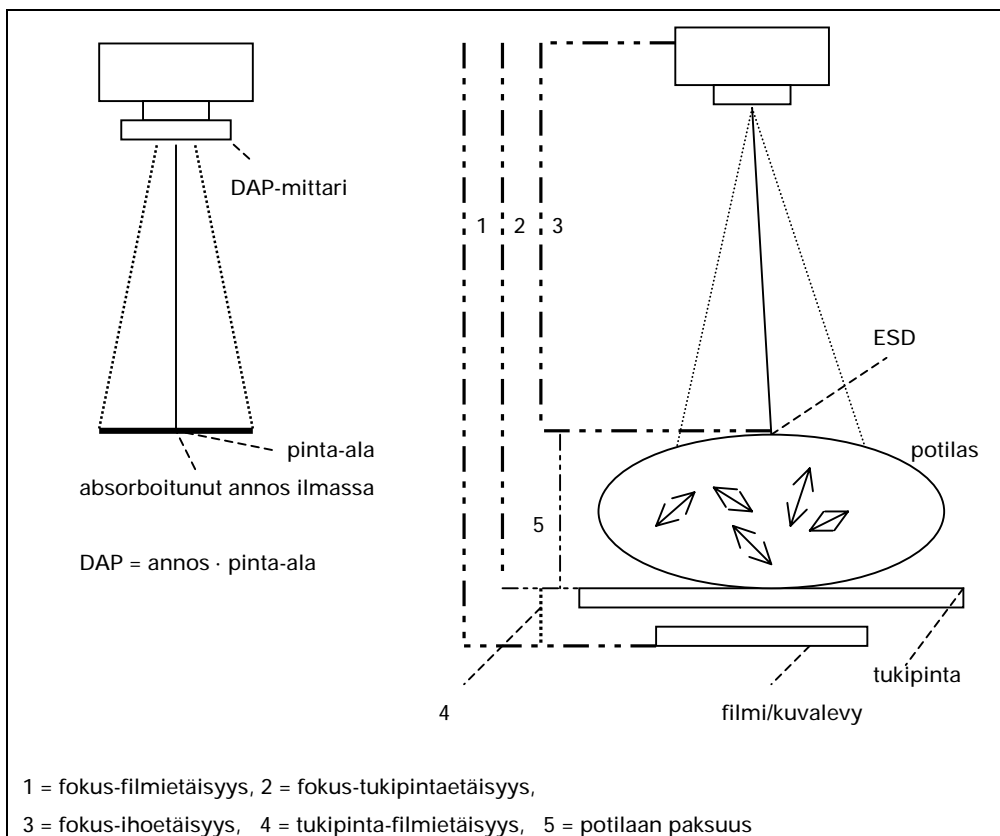
Suureen ja mittausmenetelmän valinta

Kuvassa 1 on esitetty tavanomaisen röntgentutkimuksen potilasannosta kuvaavista suureista *pinta-annos* (*ESD, entrance surface dose*) ja *annoksen ja pinta-alan tulo* (*DAP, dose-area product*). Röntgenosastot voivat yleensä valita toisen näistä kahdesta mittaussuureesta ja ESD:n osalta lisäksi kahdesta määrittämenetelmästä (suora mittaaminen TL-dosimetrillä tai laskeminen röntgenputken säteilytuoton perusteella) valmiuksiensa, kustannusarvionsa ja käytettävissä olevien mittauspalvelujen perusteella.

ESD voidaan määrittää vain yksittäiselle röntgenkuvalle. Eri projektoiden pinta-annoksia ei voi laskea yhteen. DAP voidaan määrittää sekä yksittäiselle röntgenkuvalle että koko röntgentutkimukselle. Tutkimuksen eri projektoiden DAP-arvot voidaan laskea yhteen, kuten myös kuvauksen ja läpivalaisun DAP-arvot keskenään. Perinteisesti röntgenkuvauksille on mitattu pinta-annoksia ja läpivalaisututkimuksille annoksen ja pinta-alan tuloja (Institute of Physical Sciences 1992), tai on mitattu pelkästään koko tutkimusta koskevia annoksen ja pinta-alan tuloja (Report on Nordic co-operation 1996). Nämä

potilasannossuureiden perinteiset roolit ovat nyt sekoittumassa, kun potilasannosmittauksia tehdään paljon ja annoksen ja pinta-alan tuloja mitataan myös eri projektiolle erikseen.

Seuraavissa kappaleissa kuvataan lyhyesti vaihtoehtoisia mittausmenetelmiä, tuodaan esiin niiden etuja, haittoja ja käyttörajoituksia ja pohditaan käytännön näkökohtia, jotka on hyvä tietää uutta toimintaa aloitettaessa. Lisäksi esitetään uusi tapa tarkastella annosmittaustuloksia vertaamalla niitä potilaan kokoon suhteutettuihin vertailuarvoihin. Se vähentää potilaiden koeroista aiheutuvia annosten ja vertailuarvojen yhteensopivuusongelmia sekä potilaiden painorajojen tarvetta ja auttaa arvioimaan, tapahtuuko röntgenkoneen säteilytyksen säätö asianmukaisella tavalla.



Kuva 1. Kaavio annoksen ja pinta-alan tulosta, pinta-annoksesta ja niiden määrittämiseen liittyvistä käsitteistä.

Annoksen ja pinta-alan tulon mittaaminen

DAP mitataan ionisaatiokammion, joka voi olla asennettu kiinteästi röntgenlaitteeseen tai kiinnitetty tilapäisesti röntgenputken kaihdinkopan alle (kuva 1). Jos kammion alkuperäiset kiinnittimet eivät sovi yhteen kaihdinkopassa olevien kiinnityskiskojen kanssa, niitä joudutaan säätämään tai täydentämään lisäosilla. Perusoletuksena mittauksessa on, että DAP-mittarin ja potilaan välissä ei ole mitään säteilyä vaimentavaa materiaalia, kuten esimerkiksi kiilaa.

Kammion johdetaan yhdyskaapeli ohjaushuoneeseen olevaan mittarin näyttöosaan. Saatavilla on myös DAP-mittareita, joista on langaton tietoyhteys näyttöosaan tai joissa näyttö ja lukeman nollauspainike ovat suoraan kammion kyljessä. Nämäkin mittarit eivät ole täysin langattomia, koska kammion käyttämä sähkövirta otetaan yleensä aina verkkolaitteesta.

DAP-mittarin asennuksen ja myös jokaisen käynnistyksen jälkeen sen sähköiset toiminnot tarkistetaan käyttöohjeessa opastetulla tavalla. Tarkistuksen jälkeen mittari on käyttövalmis. Mittarin näyttämä nollataan ennen säteilytystä ja kirjataan tiedonkeruulomakkeelle säteilytyksen jälkeen (lomake kuvassa 2a). Tutkimuksen eri projektioiden DAP-arvot on hyödyllistä kirjata lomakkeelle, koska edellä mainittu, potilaan kokoon suhteutettu mittaustulosten tarkastelu on mahdollista vain projektiokohtaisesti.

Suosittelava DAPin mittayksikkö on mGycm^2 . Dynaamisen mitta-alueen tulisi kattaa ainakin väli $10 \text{ mGycm}^2 \dots 999999 \text{ mGycm}^2$, kun potilaat ovat pääasiassa aikuisia (IEC 60580, 2000). Vastasyntyneiden ja pikkulasten kuvaamiseen erikoistuneessa toiminnassa mitta-alueen tulisi vastaavasti olla $1 \text{ mGycm}^2 \dots 99999 \text{ mGycm}^2$. Mittarin pienimmän näyttämän on syytä olla noin $1/10$ dynaamisen mitta-alueen alarajasta, koska pienimmillä, yksinumeroisilla näyttöarvoilla jo pelkästään mittaustuloksen numeeriseen esitystapaan liittyvä suhteellinen epävarmuus on noin 10 - 100 %.

Valmistaja tekee mittarin peruskalibroinnin ja säätää näytön oikeaksi. Peruskalibrointi ja -säätö ovat voimassa, kunnes käynnistystarkistus tai muu käyttäjän havainto osoittaa mittarin huollon tarpeelliseksi.

Röntgenosasto _____

Röntgentutkimushuone _____

Röntgenputki _____

Tutkimus _____ Ajanjakso _____

Projektio	Potilastiedot					DAP (mGy cm ²)	Tarkennus Huomautus Mittaaja
	pituus (cm)	paino (kg)	paksuus*) (cm)	ikä (vuotta)	sukupuoli (M/N)		

*) Kirjataan lomakkeelle vasta kun tuloksia tarkastellaan

Kuva 2a. Esimerkki tiedonkeruulomakkeesta DAP-mittauksia varten.

DAP-mittakammio on rakenteeltaan ohut ja hento, koska se ei saa lisätä säteilyn suodatusta merkittävästi. Rakenne on puoliavoin, koska sen on kestävä ilmanpaineen vaihtelut. Tämän tyyppinen pienvirta-anturi on arka ilman kosteudelle ja tärähdyksille. Viat voivat ilmetä toiminnan muutoksena (pysähtyminen, vuotovirrasta aiheutuvan näyttämän tai mittauskynnyksen kasvamisen). Piilevät viat, jotka muuttaisivat oleellisesti mittarin kalibrointia, ovat harvinaisia, mutta mahdollisia.

DAP-arvon automaattinen näyttö sisältyy jo eräisiin uusiin röntgenlaitteisiin. Näissä laitteissa joko on DAP-mittari tai DAP lasketaan automaattisesti määritetystä annoksesta ja säteilykentän pinta-alasta.

Pinta-annoksen suora mittaaminen

ESD on ilmaan absorboitunut annos säteilykeilan keskiakselin ja potilaan etupinnan leikkauspisteessä ja sisältää myös potilaasta siroavan säteilyn aiheuttaman annoksen (kuva 1). ESD:n suoraan mittaamiseen sopii pienikokoinen ja koostumukseltaan ihmiskudoksen kanssa riittävän samankaltainen mittari. Mittauspalveluissa, joissa mittareita ja tutkimustietolomakkeita lähetetään postin välityksellä röntgenosastoille, käytetään muovikuoreen pakattuja termoluminesenssi- eli TL-dosimetreja. Mittauksia voidaan tehdä myös omatoimisesti pinta-annoksen suoraan näyttävillä mittareilla (de Souza ym. 2000).

Postitettavia TL-annosmittareita käytettäessä on otettava huomioon myös ympäristön taustasäteilystä kertyvä annos. Taustasäteilyn kuukausiannos vaihtelee eri rakennuksissa ja huonetiloissa välillä 30 - 80 μGy , kun taas keuhkotutkimuksen PA-projektion tyypillinen pinta-annos on luokkaa 140 μGy . Muiden tutkimusten milligrayn luokkaa olevien annosten rinnalla taustasäteilyn annos on riittävän pieni. Taustasäteilyn annos mitataan erillisillä tarkkailudosimetreilla ja vähennetään jokaisesta kokonaisannoksesta mittausprosessin viimeisessä vaiheessa. Mittauspalvelulaboratoriot liittävät tarkkailudosimetreja jokaiseen mittarilähetykseen (European Commission 2000).

Mittauspalvelu vastaa dosimetrien lukemiseen liittyvästä tekniikasta. Röntgenkuvaaja vastaa TL-dosimetrin kiinnittämisestä potilaaseen, sen siirtämisestä takaisin mittauspakettiin, tutkimus- ja potilastietojen kirjaamisesta lomakkeelle (kuva 2b) ja mittareiden asianmukaisesta suojaamisesta säteilyltä.

TL-dosimetrit eivät sovellu pienten lasten potilasannosmittauksiin, koska dosimetri voi näkyä kuvassa ja häiritä diagnoosia. Pediatriisessa röntgentoiminnassa voidaan mitata DAP edellämainitulla lasten kuvaukseen tarkoitettulla DAP-mittarilla tai laskea ESD käyttäen seuraavassa kappaleessa esitetävää menetelmää.

Röntgenosasto _____

Röntgentutkimushuone _____

Röntgenputki _____

Tutkimus _____ Ajanjakso _____

Projektio	Potilastiedot					ESD (mGy)	Tarkennus Huomautus Mittaaja
	pituus (cm)	paino (kg)	paksuus*) (cm)	ikä (vuotta)	sukupuoli (M/N)		

*) Kirjataan lomakkeelle vasta kun tuloksia tarkastellaan

Kuva 2b. Esimerkki tiedonkeruulomakkeesta ESD-mittauksia varten (TL-dosimetrit).

Pinta-annoksen laskeminen röntgenputken säteilytuotosta

Tiedon kerääminen

ESD:n laskemiseksi tarvittavia vähimmäistietoja ovat

- putkijännite (kV)
- kokonaissuodatus (perus- ja lisäsuodatus, mm Al tai mm Al + mm Cu)
- putkivirta (mA) ja säteilytysaika (ms) tai virran ja ajan tulo (mAs)
- fokus-ihoetäisyys (cm)
- röntgenputken *säteilytuottokerroin* Y_{100} (mGy/mAs) 100 cm etäisyydellä fokuksesta. Käytettävissä pitää olla säteilytuottoa koskevat mittaustulokset: Y_{100} putkijännitteen funktiona eri suodatuksilla.

Tutkimustietojen keruulomakkeeseen (kuva 2c) kirjataan edellä mainittujen tietojen lisäksi

- röntgenosaston, tutkimushuoneen, röntgenputken ja tutkimustelineen tunnistustiedot
- tutkimus ja projektio
- potilaan pituus, paino, ikä ja sukupuoli
- fokus-tukipintaetäisyys fokus-ihoetäisyyden määrittämistä varten silloin, kun sitä ei mitata (esim. kun röntgenputkessa ei ole kiinteää mittanauhaa tai mittausta pidetään kuvaustoimintaa tai potilasta häiritsevänä).

Lomakkeen esitäyttö

Lomakkeen yläosassa olevat kohdat (röntgenosasto, röntgentutkimushuone, röntgenputki, perussuodatus, mahdolliset lisäsuodatukset, tutkimus, teline ja fokus-tukipintaetäisyys) on syytä täyttää etukäteen sekaannusten välttämiseksi. Toimintaa aloitettaessa on syytä määrittää kaikille käytettäville kuvausetaisyyksille fokus-tukipintaetäisyys huolellisesti fokus-filmietäisyyden ja tukipinta-filmietäisyyden erotuksena (kuva 1), mielellään tekniseen laadunvalvontaan perehtyneen henkilön kanssa. Tätä tietoa on syytä säilyttää esitäytetyllä mallilomakkeella, koska sen tarkkuusvaatimus on tiukka (noin 4 cm keuhkotutkimuksissa ja 2 cm lyhyen fokus-ihoetäisyyden tutkimuksissa).

Laskentaa edeltävä tietojen täydentäminen

Potilaan keskivartalon paksuus arvioidaan kuvasta 3a, 3b tai 3c, jotka on koottu ottaen huomioon potilaan pituus ja paino sekä oletetun peruspotilaan vartalon muoto (Servomaa ym. 1989). Jos fokus-ihoetäisyyttä ei ole mitattu, se lasketaan fokus-tukipintaetäisyyden ja potilaan paksuuden erotuksena:

fokus-ihoetäisyys = fokus-tukipintaetäisyys - potilaan paksuus

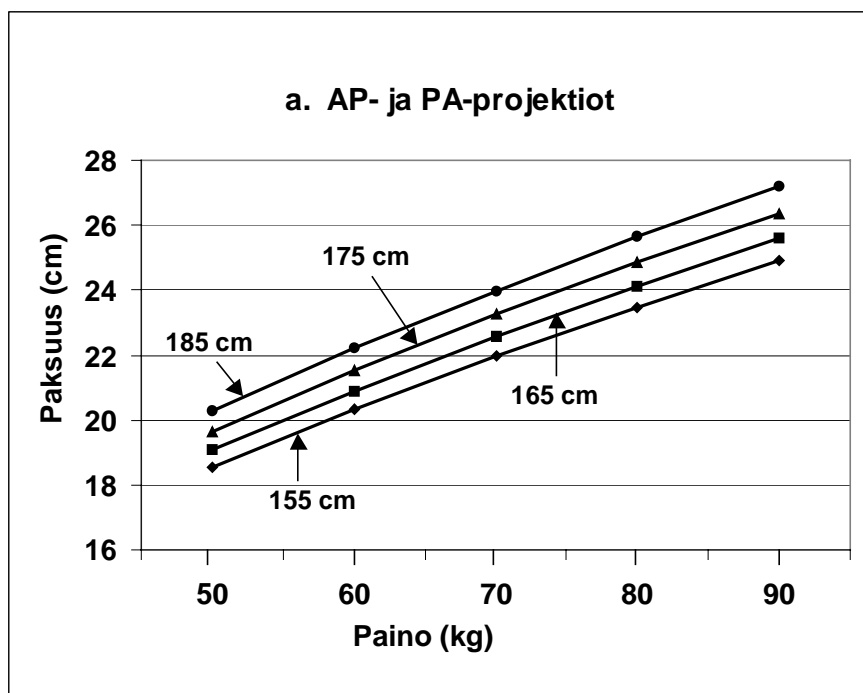
Jos virran ja ajan tuloa (mAs) ei ole saatu suoraan röntgenlaitteesta, se lasketaan erikseen kirjatun putkivirran ja säteilytysajan tulona. (Jos virran yksikkönä on mA ja ajan yksikkönä ms, niin tulon yksiköksi tulee μ As. Lukuarvojen tulo on siis jaettava tuhannella, jotta tulon yksikkö olisi mAs.) Kaikki täydennykset kirjataan tiedonkeruulomakkeelle (kuva 2c).

ESD:n laskukaava

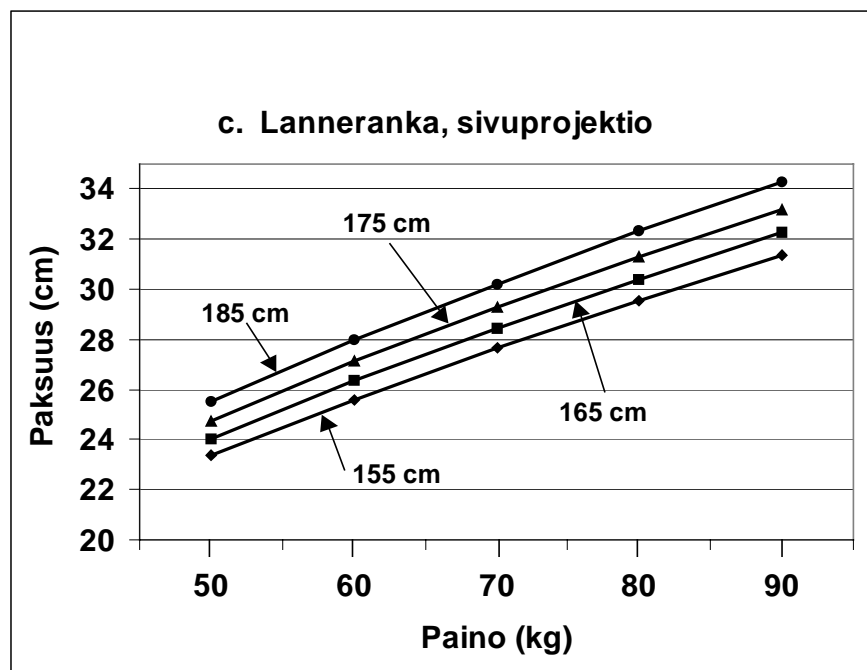
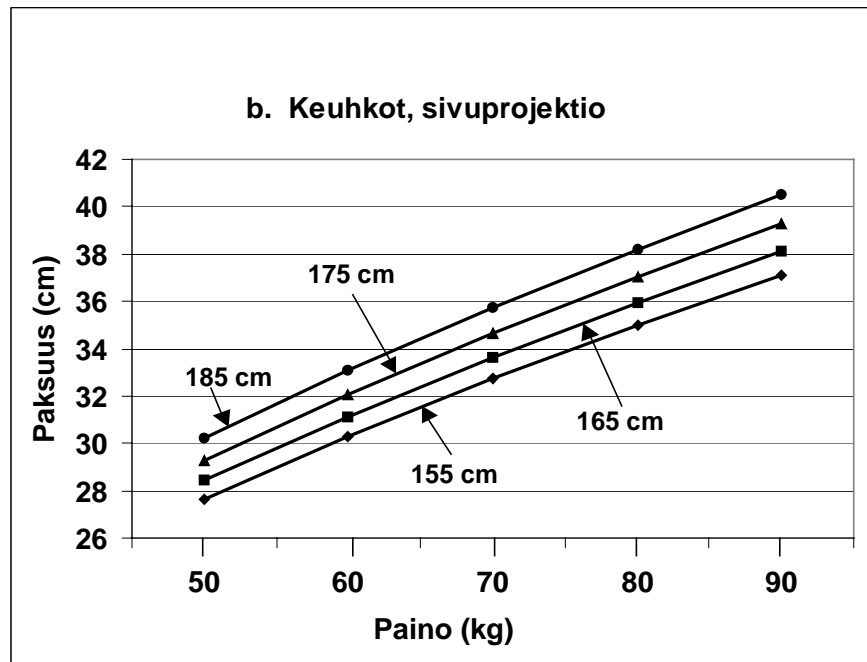
Röntgenputkelle laaditusta säteilytuottokerrointaulukosta tai sitä vastaavasta graafisesta käyrästä haetaan käytettyä suodatusta ja putkijännitettä vastaava säteilytuottokerroin Y_{100} . Pinta-annos ESD lasketaan käyttäen tämän lisäksi tiedonkeruulomakkeen tietoja ja taulukosta I valittavaa takaisinsirontakerrointa:

$$\text{ESD} = Y_{100} \cdot (100 \text{ cm} / \text{fokus-ihoetäisyys})^2 \cdot \text{virta-aikatulo} \cdot \text{takaisinsirontakerroin}$$

Tulos kirjataan lopuksi tiedonkeruulomakkeeseen.



Kuva 3. Potilaan paksuuden riippuvuus painosta ja pituudesta: a. kaikki vartalon AP- ja PA-suunnan projektiot; b. keuhkotutkimuksen sivuprojektio; c. lannerankatutkimuksen sivuprojektio.



Kuva 3. Jatkuu.

Taulukko I. Pinta-annoksen laskemiseen käytetyt takaisinsirontakertoimet esitutkimuksen eri kuvausprojekteissa.

Tutkimus	Takaisinsirontakerroin
Vatsan tutkimus ja keuhkotutkimuksen PA-suunta	1,40
Muut vartalon tutkimusten projektiot	1,30
Pään tutkimukset	1,25

Röntgenputken säteilytuoton mittaaminen

Säteilytuottokertoimen (mGy/mAs) taulukkoarvot on määritettävä kaikille niille suodatuksen ja putkijännitteen yhdistelmille, joita potilasannoslaskennassa tarvitaan. Säteilytuoton mittaajalla (tekniseen laadunvalvontaan perehtynyt henkilö) tulisi olla kokemusta röntgenlaitteen toiminnasta ja säteilytuoton epälineaarisuudesta, jota on havaittu erityisesti hyvin pieniä mAs-arvoja ja suuria putkijännitteitä käytettäessä. Säteilytuottokertoimen Y_{100} tarkkuusvaatimus on noin 10 %.

Säteilytuotto mitataan säteilyttämällä annosmittari yhden metrin etäisyydellä fokuksesta (tai käytännön syistä muulla, tarkasti mitatulla etäisyydellä) ja lukemalla sen jälkeen annosmittarin näyttämä sekä säteilytyksessä käytetty virta (mA) ja aika (ms) tai virta-aikatulo (mAs). Käytettyä suodatusta ja putkijännitettä vastaava säteilytuotto Y_{100} lasketaan metrin etäisyydelle normitetun annoksen ja virta-aikatulon osamääränä:

$$Y_{100} = \text{mitattu annos} \cdot (\text{mittausetäisyys} / 100 \text{ cm})^2 / \text{virta-aikatulo}$$

Kokemukset muualla

Englannissa on mitattu vuosittain kymmeniä tuhansia pinta-annoksia TL-dosimetreilla yli 15 vuoden ajan (Wall ja Shrimpton 1998). Viime vuosina siellä on alettu laskea keuhkokuvausten potilasannoksia. Annoslaskenta sopii parhaiten keuhkokuvausten annosmäärityksiin, koska fokus-ihoetäisyys on niissä pitkä ja käytössä on yleensä vain yksi ainoa säteilylaatu (suodatus ja putkijännite). Tarpeellisen tiedon ja taidon ylläpitäminen laskentaa varten sekä TL-dosimetrian kanssa kilpailukykyisen tarkkuuden saavuttaminen onnistuukin helpoimmin yksinkertaisissa ja vakiintuneissa kuvauksissa.

Tulosten tarkastelu röntgenosastolla

Röntgentutkimusten potilasannosten vertailutasoja koskeva STUKin ohje opastaa valitsemaan annosmittaukseen vähintään 10 potilasta, joiden painot ovat välillä 55 - 85 kg ja keskiarvo noin 70 kg. Näiden mittaustulosten (ESD tai DAP) keskiarvon vertaaminen ohjeessa annettuun vertailuarvoon riittää tällöin osoittamaan, ylittävätkö annokset toistuvasti vertailutasonsa. Tämä on virallinen tulosten tarkastelukäytäntö. Ohjeessa ei anneta projektiokohtaisia annoksen ja pinta-alan tulon vertailuarvoja. Vertailua varten on sen vuoksi määritettävä koko tutkimusta koskeva DAP-arvo joko suoraan mittaamalla tai projektiokohtaisista arvoista yhteenlaskemalla.

Potilaiden painorajoilla on myös varjopuolensa. Ne vääristävät annostilastoja sekä mies- ja naispotilaiden suhteellisia osuuksia. Valikointi pidentää myös annosmäärityksiin kuluvaan aikaan. Toisaalta TL-dosimetrien käyttäjille annettavan ohjeen mukaan mittaukset olisi tehtävä nopeasti ja dosimetrit palautettava pikaisesti mittausspalvelulaboratorioon. Englannissa, missä potilasannoksia on mitattu paljon jo kauan, on käytössä painorajat 70 ± 20 kg. Vuoden 1995 aineistosta laaditun raportin mukaan näitä rajoja ei kyetä noudattamaan kaikissa röntgenhuoneissa, koska sopivan kokoisia potilaita ei ole riittävästi.

Suomessa tehdyn esitutkimuksen potilaat valittiin käyttäen painorajoja 70 ± 20 kg. Tulos oli samanlainen kuin edellä mainitussa englantilaisessakin tutkimuksessa: painorajoja ei voitu noudattaa kaikissa röntgenhuoneissa. Kaikkiaan 210 potilaan painojen keskiarvo oli 71,7 kg. Potilaat muodostivat yhteensä 21 kymmenen potilaan ryhmää. Potilaiden painojen keskiarvot olivat viidessätoista ryhmässä välillä 68 - 73 kg, yhdessä ryhmässä alle 68 kg ja viidessä ryhmässä yli 73 kg (kahdessa ryhmässä noin 80 kg). Suurin yksittäisen potilaan paino oli 109 kg, ja kahden muun potilaan paino oli noin 100 kg. Kun kymmenen potilaan painojen keskiarvo on 80 kg, niin potilaat ovat keskimäärin noin 3 cm paksumpia kuin 70-kiloinen peruspotilas ja heidän annoksensa saattaa olla lähes kaksinkertainen verrattuna peruspotilaan annokseen. Tällaisen potilasryhmän keskiarvoannosta ei siis voi suoraan verrata peruspotilaan vertailuarvoon ottamatta huomioon koon vaikutusta.

Aikuispotilaiden annoksia koskevat vertailuarvot tarkoittavat 170 cm pituisen ja 70 kg painavan peruspotilaan saamaa annosta. Potilasannoksen tai vertailuarvon suhteuttamista potilaan kokoon on myös selvitetty perusteellisesti

(Hart ym. 2000, Stamm ja Saure 1998). Se voidaan tehdä joko muuntamalla eri kokoisten potilaiden annokset laskennallisesti vastaamaan peruspotilaan annosta tai esittämällä annosten vertailuarvot laskennallisesti potilaan paksuuden funktiona. Molemmissa menetelmissä voidaan olettaa samanlainen, likimäärin eksponentiaalinen annoksen riippuvuus potilaan paksuudesta. Se tarkoittaa, että potilasannoksen logaritmia potilaan paksuuden funktiona kuvaa likimääräisesti suora viiva.

Kuvassa 4 on esimerkki potilasannosten graafisesta esittämisestä potilaan paksuuden funktiona: mitatut annokset on esitetty logaritmisella asteikolla. Seuraavanlaisia poikkeamia hyvästä käytännöstä saattaa tulla ilmi:

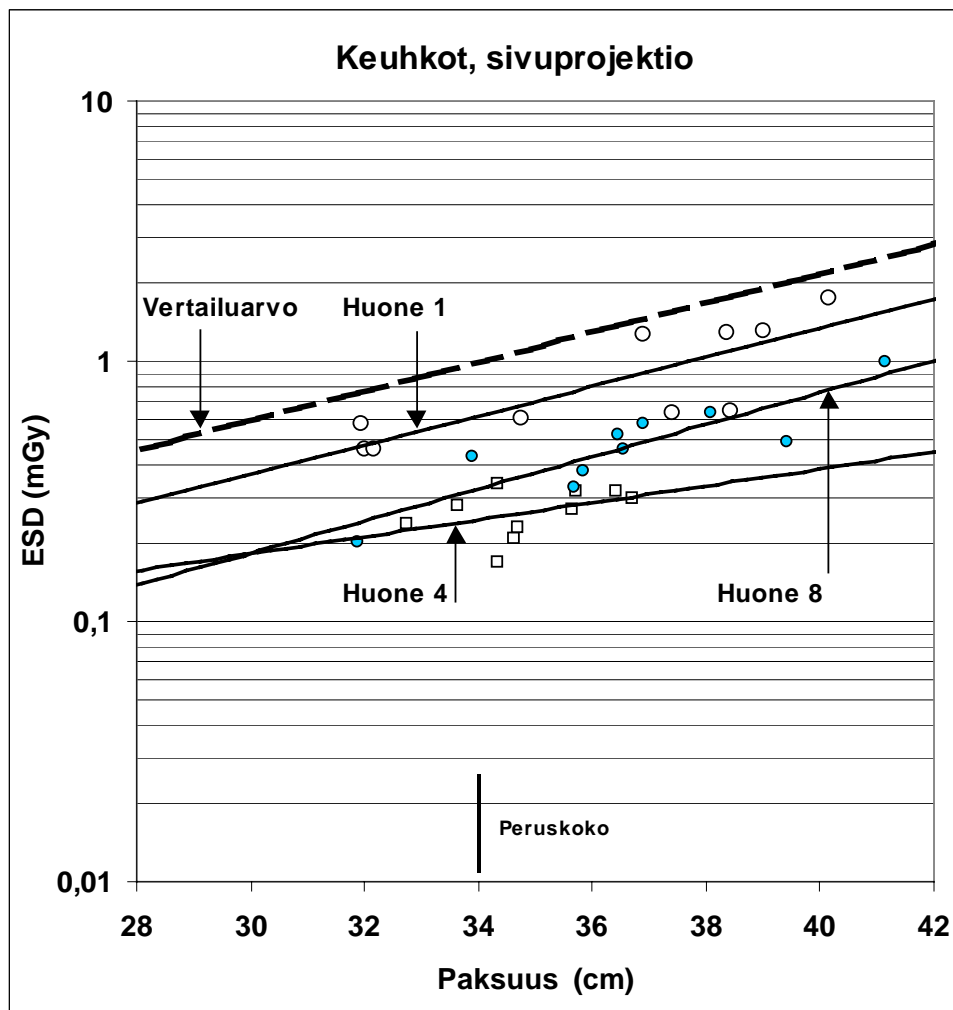
- Suora on mallisuoran yläpuolella. Annokset ovat vertailuarvojaan suurempia.
- Paksuuden mukaan nousevan suoran jyrkkyys ei ole läheskään mallisuoran mukainen, tai pisteet ovat pahasti hajallaan suorasta. Valotusautomaatin toiminta tai kuvausparametrien käsiasettelu saattaa olla puutteellista.

Tarkastelu, jossa potilasannosten vertailuarvot suhteutetaan potilaan paksuuteen, soveltuu myös annoksen ja pinta-alan tuloihin: DAP-arvot voidaan esittää potilaan paksuuden funktiona ja verrata niitä mallisuoran vertailuarvoihin samaan tapaan kuin edellä esitettyssä, pinta-annoksia koskevassa esimerkissä.

Taulukkolaskennan käyttö

Esitutkimuksen tulosten laskennassa käytettiin yksinkertaista taulukkolaskentaohjelmaa, joka tulostaa pinta-annokset, kun tarpeelliset, kuvan 2c mukaiset lähtötiedot on syötetty. Ohjelma tulostaa myös graafisesti potilasannokset potilaan paksuuden funktiona (kuva 4) ja vertailutasoa vastaavan mallisuoran, johon annoksia on verrattava. Saman ohjelman avulla voidaan laskea myös röntgenputkien säteilytuottokertoimet. Ennen kuin ohjelmaa tarjotaan yleiseen käyttöön, sitä täydennetään lisätoiminnoilla, joiden avulla voidaan

- vertailla myös mitattuja potilasannoksia mallisuoran avulla potilaan koon suhteutettuihin vertailuarvoihinsa (DAP-mittarin ja TL-dosimetrien tiedonkeruulomakkeet ovat kuvissa 2a ja 2b)
- laskea ja tulostaa taulukkona ja käyrästäönä säteilytuottokertoimet Y_{100} röntgenputken säteilytuoton mittaustuloksista.



Kuva 4. Potilasannokset keuhkotutkimuksen sivuprojektiossa potilaan paksuuden funktiona kolmessa röntgenhuoneessa. Katkoviiva kuvaa potilaan ko-

koon suhteutettua vertailuarvoa. Peruskokoa olevan potilaan paino on 70 kg ja pituus 170 cm.

Viitteet

European Commission. Recommendations for patient dosimetry in diagnostic radiology using TLD. EUR 19604, Luxembourg, 2000.

Hart D, Hillier MC, Wall BF, Shrimpton PC and Bungay D. Doses to patients from X-ray examinations in the UK-1995 review. NRPB-R289, Chilton, UK, (London HMSO) 1996.

Hart D, Wall BF, Shrimpton PC, Bungay DR, Dance DR. Reference doses and patient size in paediatric radiology. NRPB-R318, Chilton, UK, (London HMSO) 2000.

Institute of Physical Sciences. National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology. National Radiological Protection Board, Chilton, UK, 1992.

International Electrotechnical Commission. Medical electrical equipment. Dose area product meters. International Standard IEC 60580, Second edition, 2000.

Nordic guidance levels for patient doses in diagnostic radiology. Report on Nordic radiation protection co-operation. No. 5, STUK, Helsinki, 1996.

Servomaa A, Rannikko S, Nikitin V, Golikov V, Ermakov I, Masarskyi L, Sالتukova L. A topographically and anatomically unified phantom model for organ dose determination in radiation hygiene. STUK-A87. Helsinki, 1989.

de Sousa MC, Aubert B, Ricard M. Evaluation of physical performance of a scintillation dosimeter for patient dosimetry in diagnostic radiology. Br. J. Radiol. 2000; 73: 1297 - 1305.

Stamm G, Saure H-D. Entrance surface dose and its correlation with patient parameters. Radiat. Prot. Dosim. 1998; 80(1/3): 235 - 238.

Wall BF, Shrimpton PC. The historical development of reference doses in diagnostic radiology. Radiat. Prot. Dosim. 1998; 80(1/3): 15 - 20.

MITEN VASTATAAN MED-VAATIMUKSEEN SÄTEILYANNOSTEN MITTAAMISESTA/ARVIOINNISTA

Aaro Kiuru
Turun yliopistollinen keskussairaala

MED-direktiivi edellyttää röntgentutkimusten aiheuttamien säteilyannoksien mittaamista tai laskennallista arviointia tietyin väliajoin. Annoksia verrataan sekä omien tutkimusten aikaisempiin arvoihin että tutkimusten muissa terveydenhuollon yksikössä antamiin arvoihin. Tämä voidaan tehdä monella tavalla, kuten muut kokouksen esitykset osoittavat.

Miten nämä sinänsä kohtuulliset, laadukkaaseen kuvantamistyöhön kuuluvat, mutta tarkkuutta ja tieto-taitoa vaativat annosarviot saadaan tehdyksi terveydenhuollon kaikissa röntgenkuvausyksiköissä? Maassa on sairaaloita, joissa on fyysikoita radiologian tehtävissä, mutta on myös röntgenyksiköitä, joihin ko. asiantuntemus on saatava konsultaatioapuna keskussairaalaista tai ostettava ulkopuolelta. STUK tarjoaa kaupallisena mm. TLD-palveluaan, joka toteutumassa olevan organisaatiomuutoksen jälkeen tulee varmaankin olemaan myös IAEA:n hyväksymässä muodossa.

Käytettävissä on useita säteilyannoksen mittausta- ja arviointimenetelmiä:

- DAP, jo pakollinen angiotutkimuksissa ja suositeltava uusissa röntgenlaitteissa,
- TLD-mittari fantomin tai potilaan kanssa, laitteisto on useissa sairaaloissa ja sen saa STUK-palveluna,
- Ionisaatiokammio myös, mutta mieluummin vain fantomimittauksena sekä
- Laskennalliset menetelmät.

Menetelmien hyviä puolia ja haittoja on käsitelty edellisissä esityksissä. Lisäisin, että sairaalassa pienten annosten mittaamiseen käytettynä TLD on vaativa menetelmä. Pilleriä on käsiteltävä yksilöllisesti ja sellaisenaan lähes paljaana (tyypillinen kotelo näkyy kuvassa), se on yksilöllisesti kalibroitava ja taustavähennys on tehtävä.

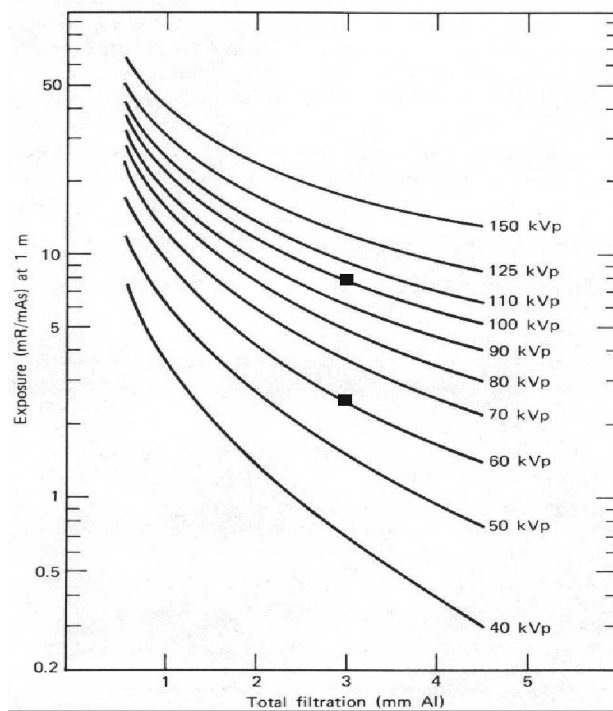
Viranomaisen kannalta usein toistuvien röntgentutkimusten annoksia kerätessä ja verrattaessa muiden maiden vastaaviin DAP-mittaukset ovat hyviä silloin, kun tulokset koskevat suuria potilasmääriä. Sen sijaan yhdessä röntgenyksikössä tehty pieni otos tai harvoin tehtävän tutkimuksen DAP-mittaus antaa satunnaisesti kovin vaihtelevia tuloksia. Se johtuu sekä potilaiden koeroista että kuvaamiseen välttämättä liittyvästä kenttäkoon vaihtelusta, ja tämä vielä korostuu läpivalaisututkimuksissa. Mittari on muistettava mm. nollata luotettavien tulosten saamiseksi. Ongelmia on käsitelty edellisissä esityksissä, ja siihen annetaan tiettyjä ohjeita kovin suurten heittojen välttämiseksi.

Mutta kun tavoitteena – ainakin alkuvaiheessa - on selvittää ja seurata tietyn väliajoin eri yksiköissä ja röntgenlaboratorioissa käytössä olevien laitteiden ja tutkimustapojen keskimääräisiä annoksia ja niiden muuttumista ajan funktiona, eikä siis mitata yksittäisen potilaan saamaa annosta, riittää säteilyaltistusmielessä laadukkaan toiminnan varmistamiseksi seuraava yksinkertainen menetelmä.

Ehdotan seuraavaa

Röntgenputken säteilytuotto on suure, jonka arvo mitataan vakiogeometriassa ja jonka muuttumista voidaan seurata, ja se mitataan STUK-tarkastuksissa.. Näin tehdään sädehoitolaiteiden kohdalla ja tehtiin aikoinaan röntgenhoitolaiteissa.

Säteilytuotto mitattuna ilmassa vakioetäisyydellä fokuksesta (kuvassa yksikönä mR/mAs, nykyisin mGy/100 mAs) on kuvassa 1 piirretty alumiinisuodattimen paksuuden funktiona käyräparveksi niin, että suurjännite on parametrinä. Käyrästä esitetään perinteisesti röntgenfysiikan oppikirjoissa.



Kuva 1. Röntgenputken säteilytuotto

Mittauslukema otetaan ilmatilassa tasan 100 cm etäisyydellä olevaan annosmittariin, ja käytetään aina vakioarvoa 100 mAs. Säteilykeila on hyvä suunnata vaakasuoraan ja tehdä mittaus vaikka potilaspöydän päällä pientä apu-telinettä käyttäen, jolloin säteilykeilaan saadaan usean metrin sirottavasta materiaasta vapaa ilmatila. Kenttäkoolla ei ole juuri merkitystä ilmassa mitattuna ja kaukana seinistä (tai lattiasta). Sirontakorjausta ei tässä tarvitse tehdä. Annosmittariksi kelpaa mikä tahansa laadunvalvonnassa käytettävä moderni mittari, jonka lukemia muutamalla suurjännitteen arvolla on hyvä verrata STUKin mittariin tarkastuskäynnin aikana. Säteilytuottomittauksista on syytä ottaa muutamia lukemia ao. vakioparametrien arvoilla ja käyttää keskiarvoa tuloksena. Iäkkäämmän mittarin tulos on mR-lukema.

Koko käyrästä ei siis mitata, vaan valitaan ko. röntgenhuoneessa käytetyistä kuvausparametreista (suurjännite ja suodatus) muutama piste. Kuvaan 1 on piirretty erikseen pisteet 60 ja 100 kVp, 3 mmAl suodatus. Näillä arvoilla mitataan säteilytuotto vakiogeometriassa muutamia kertoja vuodessa. Mittaus

ei kestä 5 minuuttia kauempaa. Jos huoneessa käytetään muita suodatinarvoja, voidaan ne myös mitata; esim. keuhkokuvauksessa yleisesti käytetty 0,1 mm kuparisuodatin pienentää kovasti säteilytuottoa ja potilasannosta.

Jos säteilytuotto pysyy lähes muuttumattomana, eikä ko. huoneessa jonkin usein tehtävän röntgentutkimuksen kuvausparametrien arvot (käsiarvot tai annosautomaatiikan osoittamat, niitä on syytä kirjata silloin tällöin) muutu, tulee MED-direktiivin vaatimus annoksen suhteen laadukkaan ja optimoidun työn jatkumisesta täytetyksi. Tämän lisäksi on tarpeen seurata digitaalkasetin luentalaitteen herkkyyssparametrejä, jotka ovat käytettyyn säteilymäärään verrannollisia.

Annostiedot tulevaisuudessa

Röntgentutkimuksen DAP-lukema tallentuu jo nyt parhaissa angiotutkimuksissa tietokantaan ao. potilaan tiedostoon, ja lukema esittää silloin koko tutkimuksen, sekä läpivalaisun että filmidokumenttien, yhteenlaskettua säteilymäärää. Tämä lukema kuvaa hyvin yksilöön kohdistunutta kokonaissäteilymäärää. On enteiltävissä, että kaikissa röntgenlaitteissa tullaan tekemään samoin. Laitteissa tulee arvattavasti olemaan tietojärjestelmät, joilla röntgen- tai leikekuvaustutkimuksen annokset kaikkine vaiheineen, mm. läpivalaisujaksoineen kirjataan potilaan tietokantaan. Rakenteilla on laitteita, joilla myös kenttäkoon vaihtelu saadaan reaaliaikaisena muistiin. Uuden potilaan kirjaaminen tutkittavaksi röntgenhuoneessa tekee automaattisesti mm. DAP-mittarin nollauksen, mikä tänään muodostaa tietyn virhetekijän.

Odoteltaessa tekniikan ”loppuunkehittymistä” olisi po. MED-direktiivin edellyttämä, paljon huolellista työtä ja aikaa vaativa mittaaminen minimoitava ja saatava irti tarvittava varmuus kuvamenetelmien optimaalisesta käyttämisestä.

Mistä annosarvio potilaalle ja klinikolle

Säteilyn käytön harmonisoinnissa on paljolti kyse hyvien työtapojen omaksumisesta ja jatkuvuuden varmistamisesta. Kokonaan eri asia on mitä potilaalle ja klinikolle vastataan hänen kysyessään röntgentutkimuksen aiheuttamaa säteilyannosta ja säteilyriskiä. Riski on verrannollinen efektiiviseen annok-

seen, jonka määrittäminen tietyssä tutkimuksessa on laskettavissa tietuin varauksin.

Otsikon toteamukseen löytyy yksinkertainen ja kansantajuinen vastaus. Lähettävää lääkäriä ja potilasta – ainakin ensi vaiheessa – tyydyttävä tieto on tutkimuksen aiheuttaman säteilyannoksen vertaaminen ympäristösäteilyyn ja yleisimpään keuhkotutkimukseen. EU-ohjeisto, alun perin Englannissa tehty ja suomennettu ”Kuvantamistutkimuksia koskevat lähettämiskriteerit” sisältää taulukon ”Tyypilliset efektiiviset annokset diagnostisessa lääketieteellisessä altistuksessa 1990-luvulla”. Siinä on noin 20 röntgen- ja isotooppitutkimuksen aiheuttamia säteilyannoksia verrattu taustasäteilyyn (tietty tutkimus vastaa niin ja niin pitkää aikaa taustasäteilyä) ja verrattu myös yleisimmän tutkimuksen eli keuhkotutkimuksen efektiiviseen annokseen (siis tietty tutkimus vastaa niin ja niin monta keuhkotutkimusta). Taulukko on laajennettuna ja suomalaisiin olosuhteisiin normitettuna paikallaan ottaa käyttöön. Taulukko sopii hyvin, kun yleisölle kerrotan säteilyn riskeistä.

Esimerkki lasten säteilyannoksista

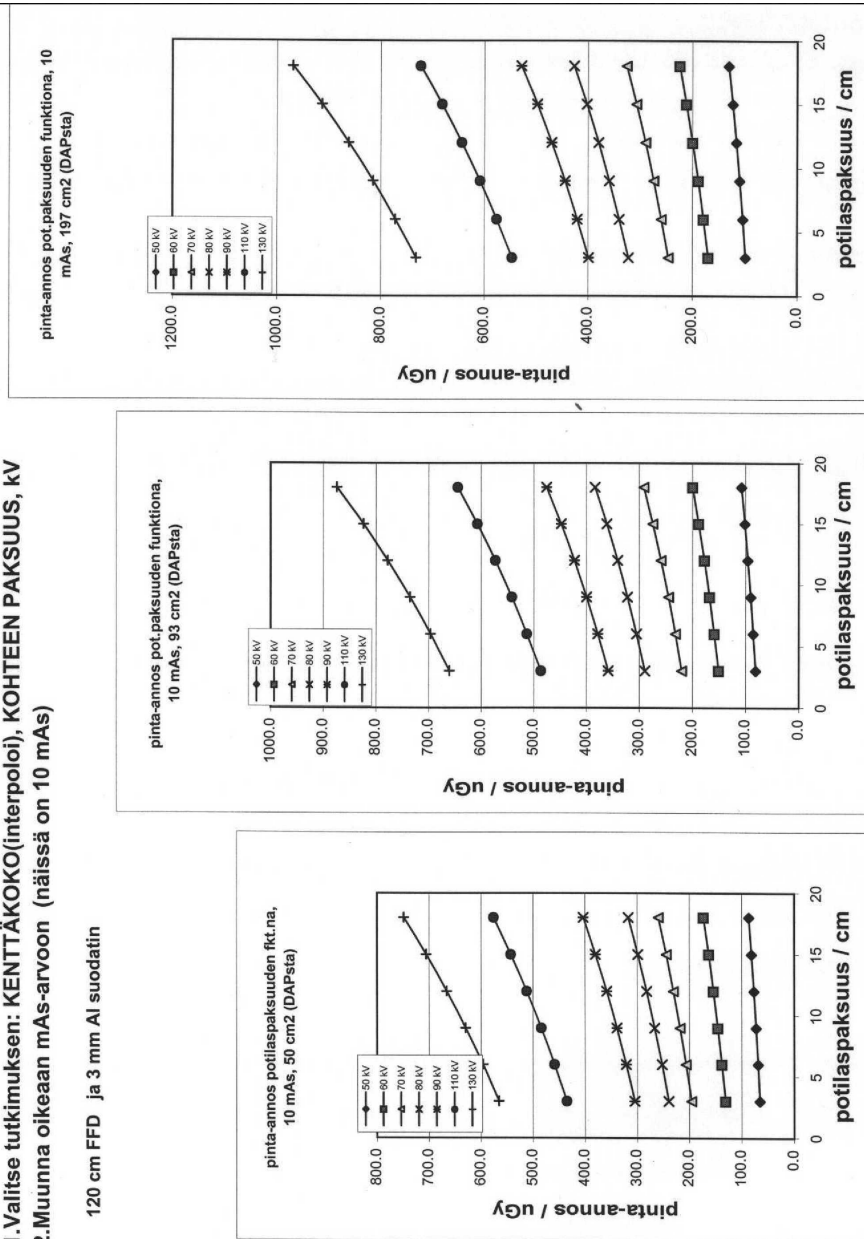
Yhdessä röntgenlaboratoriossa tehdään tyypillisesti vain tiettyjä tutkimuksia, joissa mm. etäisyydet ja kuvausparametrit pysyvät varsin vakioita. Tutkimuksessa otetaan useimmiten myös tietty vakiomäärä kuvia. Ainoa suuresti vaihtuva kuvausparametri on mAs-suure potilaan koon ja kuvattavan kohteen paksuuden muuttuessa.

Kuvaan 2 on mitattu käyrät, joista voi (näissä kuvausolosuhteissa) lukea lapsipotilaan yhden röntgenkuvan pinta-annoksen noin 20 cm kudospaksuuteen asti. Mittaukset on tehty TYKS:n röntgenhuoneessa, jossa tehdään pääosa lasten- ja nuorten röntgentutkimuksista. Tietokoneelle voi myös kirjoittaa ohjelman, joka kuvausarvot (ks. kuva 2) saatuaan interpoloi käyrien väliltä yhden kuvan vaatiman pinta-annoksen. Annos kerrottuna kuvasta saatavalla pinta-alalla antaa suureen, joka on verrannollinen käytettyyn säteilymäärään, integraaliannokseen. Muiden projektoiden pinta-annokset saadaan samoista käyristä.

DAP-lukeman hyvä puoli on suoraan ”sisäänrakennettu” verrannollisuus integraaliannokseen. Mutta eri aikoina kerättyjen DAP-tulosten vertaaminen antaa tietoa tietyn tutkimuksen annoksista vain tietuin varauksin. Kuvan 2

KÄYRISTÄ VOI LUKEA LASTEN TUTKIMUKSISSA YHDEN RTG-KUVAN
 AIHEUTUMAN SISÄÄNMENTÄMÄN ANNOKSEN = PINTA-ANNOS
 1. Valitse tutkimuksen: KENTTÄKOKO(interpoloi), KOHTEEN PAKSUUS, kV
 2. Muunna oikeaan mAs-arvoon (näissä on 10 mAs)

120 cm FFD ja 3 mm Al suodatatin



Kuva 2. Lasten röntgentutkimusten ihoannos. Fokus-filmietäisyys on 120 cm ja putkessa on 3 mm alumiinisuodatin. Muita kuvauksen muuttujia on vaihdeltu sopivissa rajoissa.

käyrästä tulee myös käyttää em. varauksin, mutta mitatuista käyristä saa samat pinta-annostiedot kuin laskemalla saadaan, ja ovat parempia kuin pienet DAP-otannat.

Vastaavien käyrästöjen mittaaminen muillekin röntgenhuoneille antaa kuvan röntgenyksikön käyttämistä säteilyannoksista. Kun kuvan 2 käyrästö on selvillä, pysyy se muuttumattomana ko. huoneessa ja on käytettävissä ensi vuonnakin, jos röntgenputken säteilytuotossa ei tapahdu muutoksia.

Jos lausuvat röntgenlääkärit ovat kuvatasoon tyytyväisiä, laadunvalvontamittaukset osoittavat kuvatason pysyvyyden eikä ao. röntgenlaboratoriossa tietyn tutkimuksen kuvausparametrit muutu voidaan vallitsevaan tilanteeseen olla tyytyväisiä. Suurjännite- ja mAs-arvojen ohella on lisäksi tarpeellista kirjata tietyin väliajoin digitaalikasetin luennan antamia, säteilyn määrään verrannollisia parametrejä. Mikäli näissä kahdessa asiassa (lausuja-laadunvalvonta ja kuvausarvot-luentaparametrit) ei tapahdu muutoksia pysyvät myös potilasannokset varsin vakioina.

Kaiken kaikkiaan:

Eri numeeriset annosmittaukset ja arviot ovat kauniita katsella, mutta vaikeahkosti tulkittavia ja vaativat huolellista mittaamista. Toiminnan laadukkaana jatkumisen takeeksi pitäisi riittää tietyin väliajoin tehty röntgenputki-kohtainen säteilytuottomittaus ja käytettyjen kuvausparametrien, geometria- ja kasettitietojen kirjaaminen (eli pelkästään niiden muutokset) standardipotilaalle tietyssä tutkimuksessa ko. röntgenhuoneessa. Taustalla on radiologin hyväksymä kuvataso varmennettuna laadunvalvontamittauksilla.

RÖNTGENFILMISTÄ DIGITAALIKUVAAN – MUUTOKSEN VAIKUTUS TOIMINTAAN

Leena Walta
Salon seudun sairaalan kuvantamisyksikkö

Taustaa

Digitaalinen tiedonkäsittely ja siihen perustuvat erilaiset kuvantamismenetelmät ovat olleet keskeisiä radiologisen toiminnan muutostekijöitä viimeisten vuosikymmenien aikana. Täysin uusien kuvantamismenetelmien lisäksi perinteinen filmivahvistulevyjärjestelmään perustuva kuvaus on muuttunut tai muuttumassa sovellutukseen, joka eroaa edeltäjästään lähinnä kuvanmuodostuksen osalta. Digitaaliset sovellutukset ovat vaikuttaneet sekä toiminnan luonteeseen ja työn tekemiseen, mutta myös sädeannoksiin.

Toiminnan siirtyminen kokonaisuudessaan digitaalseksi on pitkä ja monivaiheinen prosessi, jossa on kyse myös toimintakulttuurin muutoksesta ja edellyttää siten monipuolista ja -ulotteista toiminnan selvittämistä ja kehittämistyötä, jossa tulee ottaa huomioon myös toimintaympäristö kokonaisuudessaan. Tässä esityksessä rajoitutaan tarkastelemaan siirtymistä filmivahvistuslevykuvantamisesta digitaaliseen levykuvantamiseen. Lähtökohtana on näkemys, jonka mukaan kuvantamistoiminta on inhimillistä toimintaa, jossa pienetkin muutokset vaikuttavat kokonaisuuteen ja jossa toimijat itse ovat keskeisiä muutostekijöitä.

Salon seudun sairaalassa kuvantamistoiminnan digitalisointi voidaan ajatella alkaneen vuonna 1998 RIS-järjestelmän käyttöönotolla. Varsinainen kuvantamisen digitalisointi aloitettiin konkreettisesti joulukuussa 2000, jolloin siirryttiin filmivahvistuslevykuvantamisesta levykuvantamiseen. Muutos koski lähinnä kolmessa kuvaushuoneessa tehtäviä luukuvauksia ja osittain myös läpivalaisututkimuksia. (Paksunsuolentutkimusten osalta kuvat otetaan edelleen perinteisellä filmivahvistuslevyjärjestelmällä. Näin on voitu varmistaa mammografiakuvien laadun kannalta oleellisen kehitysprosessin ja -koneen riittävä tuoreus.) Suunnitelmissa on, että vuonna 2004 koko toiminta olisi digitalisoitu.

Muutosten toteuttaminen

Muutosprosessi ja siirtyminen digitaaliseen kuvantamiseen aloitettiin noin vuosi ennen laiteasennuksia. Viikoittaisten osastokokousten yhteydessä karotettiin sekä röntgenhoitajien että kehittäjän odotukset ja kysymykset, joita digitaalinen kuvantaminen heissä herätti. Kysymykset kirjattiin, ryhmiteltiin ja ripustettiin yksikön käytävän seinälle yksikön ”yhteiseksi omaisuudeksi” odottamaan vastauksia. Kysymykset lähetettiin myös laite-edustajille, jotka omalta osaltaan vastasivat niihin kevään 2000 aikana järjestelyissä koulutus-tilaisuuksissa. Samalla kun kysymyksiin saatiin vastauksia myös uusia kysymyksiä nousi esille eikä seinämme ole vielääkään täysin tyhjä kysymyksistä.

Yhteisten koulutus-tilaisuuksien lisäksi nimettiin kaksi röntgenhoitajaa vastaamaan digitaalisesta toiminnasta. Heidän tehtävänä on ollut syventyä tarkemmin digitaalisen kuvantamisen perusteisiin ja sovellutuksiin omissa yksikössämme. He myös vastaavat digitaalisen kuvantamisen kehittämisestä ja henkilökunnan kouluttamisesta.

Muutokset työnjakoon

Hankintapäätöstä edeltäneet ja sen jälkeen pidetyt yhteiset kokoukset sekä tehdyt vierailut ja yhteydenotot muihin yksiköihin auttoi ennakoimaan muutostarpeita. Koska oli ilmeistä, että kuvantamistapahtuma tulisi pitenemään ja myös kehittäjän perinteinen kehityshuone työskentely vähenemään, tarkastettiin röntgenhoitajien työnjakomallia sekä röntgenhoitajien ja kehittäjän työtehtäviä. Vähitellen päädyttiin ratkaisuun, jossa raskaimmassa työpisteessä tulisi työskentelemään pääasiassa kaksi röntgenhoitajaa aikaisemman yhden sijasta. Samalla yksi ja sama röntgenhoitaja vastaa koko kuvantamistapahtumasta, jolloin esimerkiksi informaatiokatkokset ja muut toiminnan sujuvuutta heikentävät tekijät on saatu vähenemään. Kehittäjä puolestaan vastaa nykyään mm. aikaisemmin röntgenhoitajille kuuluneesta meetinkien valmistelusta.

Huhtikuussa 2001 käytyjen kehityskeskustelujen perusteella paluuta entiseen työskentelytapaan ei enää ole. Sekä kuvantamismenetelmä että työskentelytapa on omaksuttu ja yhteistyön röntgenhoitajien välillä arvioitiin lisääntyneen. Itse työ koetaan puolestaan entistä mielekkäämmäksi.

Muutokset kuvan laatuun

Digitaalisella menetelmällä otettujen kuvien laatu on ulkoisesti ja subjektiivisesti arvioituna parantunut ja kuvien kontrasti ja tummuus vaikuttavat olevan kohdallaan. Valotusvirheistä johtuneet uusintaeksponoinnit ovat lähes poistuneet ja hukkafilmianalyysi on menettänyt merkityksensä, koska yksikössämme ei ole käytössä automaattista filmitulostusta. Radiologien tehtävänä on ollut arvioida kuvien diagnostista arvoa. He ovat myös antaneet palautetta mahdollisista yli- ja alivalotuksista, jotka ovat ilmenneet esim. luiden tai niiden osien häviämisenä.

Muutokset potilasannokseen

Tavoitteenamme on ollut tarkistaa ja muuttaa kuvausparametrejä säteilyhygieenisempään suuntaa kuvan laadun ja niiden diagnostisen arvon kuitenkin kärsimättä. Kuvausparametrejä on tarkistettu arvioimalla kuvan laatua, tutkimuskohtaista energiaa osoittava lukuarvoa (LGM-arvot) ja sekä kuvausarvoja. Kuvausarvoja on tarkistettu ja systematisoitu nostamalla mahdollisuuksien rajoissa kuvausjännitettä ja laskemalla vastaavasti mAs-arvoa, jolloin voidaan olettaa potilasannoksen ainakin muutamien kuvausten kohdalla laskeneen.

Ennen digitaalista kuvantamista käyttämiemme vahvistuslevyjen suhteellinen nopeus oli yleisimmin 200, eivätkä ne siten täyttäneet nykyisiä eurooppalaisia suosituksia. Tällä hetkellä suhteellista nopeutta osoittavat digitaali-järjestelmän eksponointiluokka vastaa käytössämme aikaisemmin olleiden vahvistuslevyjen suhteellisia nopeuksia ja kysymykseksi onkin jäänyt, olisiko mahdollista nostaa eksponointiluokkaa ja muuttaa vastaavasti kuvausarvoja siten, että säteilyannos pienenis, mutta kuvanlaatu pysyisi ennallaan. Kysymykseen vastaaminen edellyttäneen niin digitaalimenetelmän kuin säteilyannokseen vaikuttavien tekijöiden asiantuntemusta.

Kesällä 2000 yksikössämme mitattiin yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa potilasannoksia eri menetelmillä. Syksyllä 2001 digitaalisen kuvantamisen ja toimintamme vakiinnuttua mitataan annokset uudelleen, jolloin on mahdollisuus verrata digitaaliseen kuvantamiseen siirtymisen vaikutusta myös potilasannoksiin.

Kirjallisuutta

European Comission. European Guidelines On Quality Criteria For Diagnostic Radiographic Images. Luxemburg 1996.

Karppinen J. Potilasannokset digitaalisessa levykuvantamisessa. Raportissa: Servomaa A (toim.) Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1998: 88-91.

Kosonen M, Maass M, Tuominen E, Kajander S & Reunanen M. TYKS:n kuvansiirron laatuprojekti (loppuraportti). Hoitotyön julkaisu C:25. Turun yliopistollinen keskussairaala. 1998.

Suramo I. Kuvausmenetelmät. Teoksessa: Standertskjöld-Nordenstam C-G, Kormanen M, Laasonen E M, Soimakallio S, Suramo I (toim.). Kliininen radiologia. Duodecim 1998; 14-69.

Varila J. Oppiva organisaatio – ideologiasta kehittämisen työkaluksi. Teoksessa: Vanhalakka-Ruoho M (toim.). Kohti yhteistä oppimista. Joensuun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan selosteista 74. Joensuu, 7-30, 1999.

TERVEYDENHUOLLON LAADUN KEHITTÄMINEN, ARVIOINTI JA SERTIFIOINTI

Matti Liukko
Suomen Kuntaliitto

Suomen ja muiden teollistuneiden maiden terveydenhuollossa laatujohtaminen ja laadun osoittaminen ovat muuttumassa osaksi arkipäivää kaikissa organisaatioissa. Laatu ja sen hallinta on moniulotteinen asia. Suomessa terveydenhuollon laatua varmennetaan eri tavoin. Laeilla ja asetuksilla säädetään esimerkiksi terveydenhuollon henkilöstön pätevyydestä ja potilaan oikeuksista. Hollannissa lailla veloitetaan terveydenhuollon organisaatiot ylläpitämään laatujohtamista. Kliinisen hoidon laatuun vaikutetaan monin tavoin. Lääkäreiden, hoitajien ja muiden ammattiryhmien erikoistumisen ja jatkokoulutuksen avulla pyritään varmentamaan terveydenhuollon henkilöstön osaamisen laatu ja taso. Hoitomenetelmien ja -käytäntöjen ohjeet ja suositukset täydentävät terveystieteiden oppikirjoihin perustuvaa osaamista.

Systemaattiset, koko organisaation kattavat laadunhallintamenettelyt ovat tulleet viime vuosina terveydenhuoltoon. Tärkeimmät laadunhallintajärjestelmät ovat kansainväliset ISO (International Standards Association) 9000-standardit ja laatujohtamiskriteerit. Terveydenhuollossa on kehitetty myös omia melko kattavia laadunhallintaan liittyviä kriteerejä ja menetelmiä, kuten ns. "terveydenhuollon akkreditointi". Terveyden huollon akkreditointimenetelmät ja kriteerit eroavat paljon toisistaan eri maiden välillä ja riippuen siitä kuka niitä ylläpitää. Akkreditointi käsitteenä tarkoittaa tässä yhteydessä eri asiaa, kuin mitä esimerkiksi EU:ssa on suositeltu käytettävän. Myös erikoisalakohtaisesti on kehitetty laadunhallinnan kriteerejä. Viime vuosina terveydenhuollon omat kriteerit on yhä useammin viety osaksi kattavia laatujohtamiskriteerejä, ISO 9000 -standardeja ja/tai laatujohtamiskriteerejä. Lisäksi on laadittu ohjeita ja suosituksia siitä, miten ISO 9000 -standardeja terveydenhuollossa sovelletaan. Näistä kansainvälisin on ISO:n juuri hyväksymä ITA (Industry Technical Agreement): Quality Management Systems – guidelines for process improvements in healthcare organizations. Siinä annetaan suuntaviivoja ISO 9000/2000 -standardin soveltamiseen.

Laatuun liittyy myös arvioiminen, josta useimmiten käytetään käsitettä auditointi. Ulkoiseen laadunvarmistukseen käytetään pääasiassa kansainvälisesti hyväksytyjä ja päteväksi todettuja menetelmiä. Tietoa laatujärjestelmän toimivuudesta saadaan auditointien avulla. Auditoinnit luokitellaan ensimmäisen, toisen ja kolmannen osapuolen tekemiin. Kolmannen osapuolen eli riippumattoman tahon tekemiä auditointeja ovat esimerkiksi sertifiointielinten tekemät arvioinnit.

Sertifiointielimet voivat osoittaa pätevyytensä arviointien tekemiseen akkreditoitumalla. Akkreditointielimen tulee olla riippumaton ja puolueeton kansallinen elin. Se on yleensä viranomainen tai viranomaista lähellä oleva tahon. Suomessa akkreditointitoiminta on asetuksella määrätty Mittatekniikan keskuksen tehtäväksi. Sosiaali- ja Terveysministeriö, STAKES ja Suomen Kuntaliitto suosittelevat sertifikaatteja ja tunnuksia jakaville organisaatioille akkreditoitumista. Mittatekniikan keskus käyttää akkreditointitoiminnassa nimeä FINAS (Finnish Accreditation Service). Se on edustanut Suomea EA:ssa (European Cooperation for Accreditation).

EU, komissio ja EU maiden hallitukset ovat antaneet EA:lle mandaatin laadunarviointitoiminnan pätevyyden todentamisessa. Akkreditointielinten kansainvälisissä kokouksissa sovitaan yhteisistä menettelytavoista, joilla varmennetaan akkreditoinnin yhdenmukaisuutta eri maissa. Akkreditoinnilla voidaan ulkopuolisille tahoille osoittaa mm. sertifiointielinten antamien todistusten luotettavuutta ja laboratorioiden tulosten oikeellisuutta.

Suomeen perustettaneen kesäkuussa 2001 riippumaton laadunarviointi yritys, joka pyrkii akkreditoitumaan ainakin ISO 9000 -laatujärjestelmien sertifioijaksi. Sen lisäksi yritys tekee myös muita arviointeja, kuten sädeturvalain edellyttämät kliiniset auditoinnit. Tavoitteena on, että akkreditoitumisella varmistetaan arviointien tekemisen hyvä osaaminen. Tätä osaamista voidaan hyödyntää terveydenhuollon eri alojen omaa asiantuntemusta vaativissa arvioinneissa, ja vastaavasti terveydenhuollon asiantuntemusta voidaan hyödyntää terveydenhuollon organisaatioiden laatujärjestelmä arvioinneissa. Yritykseen ovat päättäneet lähteä mukaan kaikki keskeisemmät terveystalvelujen asiantuntijatahot ja terveystalvelujen rahoittajat.

KLIININEN LAATU JA AUDITOINTI

Eila Lantto
Tampereen yliopistollinen sairaala

MED-direktiivi edellyttää laatu järjestelmän käyttöönottoa ja klinisiä auditointeja radiologisia laitteita ja/tai radioaktiivisia aineita käyttävissä terveydenhuollon yksiköissä.

Mitä klininen auditointi on?

Säteilytyön kliniselle laadulle ei löydy laista tai asetuksesta määritelmää, mutta sen klinisellä 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 ja
3. esitetään tarpeelliseksi arvioituja toimenpiteitä käytäntöjen kehittämiseksi ja perusteettoman säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi.

Auditointi on siis *toiminnan kehittämiseksi tehtävää ulkoisten asiantuntijoiden suorittamaa arviointia, joka täydentää sisäistä itsearviointia*. Sen tavoitteena on hyvien käytäntöjen edistäminen, huonojen tunnistaminen sekä toiminnan kehittämiseen tähtäävien suositusten antaminen. Vastuu toiminnan laadusta ja laadun kehittämisestä kuuluu aina toiminnan harjoittajalle.

Säteilyn käytön klinistä auditointia koskevat järjestelyt, ohjeistukset, kriteeristö ja koulutus ovat Suomessa vasta tekeillä. Tavoitteena on auditoida toiminta vähintään viiden vuoden välein siten, että maassamme ensimmäinen auditointikierros olisi tehty vuoden 2005 loppuun mennessä. Auditoinnista tehdään raportti, jossa esitetään oleelliset havainnot, arviot ja päätelmät sekä suositukset kehittämistoimenpiteiksi. Auditointiraportti osoitetaan toiminnan harjoittajalle. Auditoinnissa tulevat toimimaan tehtävään koulutetut riippumattomat ulkopuoliset asiantuntijat (radiologi ja röntgenhoitaja; isommassa pai-

koissa, isotoopeilla ja sädehoidossa myös tekniikan/lääketieteellisen fysiikan edustaja; kardiologiassa, isotoopeilla ja sädehoidossa myös ko. ryhmien edustaja).

Asetuksen mukaan kliinisessä auditoinnissa on kiinnitettävä huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin:

1. Valtuuksien ja vastuiden määrittelyyn
2. Lähetteisiin ja niiden antamista ohjaaviin suosituksiin
3. Oikeutusarvioinnissa noudatettuun käytäntöön ja tiedonkulkuun
4. Säteilylle altistavien toimenpiteiden suorittamista koskeviin ohjeisiin ja käytäntöihin
5. Tutkimus- ja hoitolaitteisiin
6. Toimenpiteistä aiheutuneisiin säteilyannoksiin ja saavutettuihin tutkimus- ja hoitotuloksiin
7. Toimenpiteitä koskevien tietojen laatuun, tallentamiseen ja kulkuun
8. Henkilöstön koulutukseen
9. Laadunvarmistustoimintojen määrittelyyn ja käytäntöön
10. Toiminnan itsearviointeihin, arviointituloksiin ja tulosten käyttöön

Miten valmistaudun auditointiin?

Parasta valmistautumista tuleviin auditointeihin on alkaa ripeästi valmistella laatujärjestelmää ja laatukäsikirjaa. Laatukäsikirjoista on olemassa malleja ja ohjeita sekä sädediagnostiikkaan että -hoitoon. Sen valmistelua varten kannattaa hankkia käyttöön myös laki, asetus ja ST-ohjeet.

Kliininen laatu koostuu monista tekijöistä, kuten asiakirjojen ja palvelujen laadusta sekä itse lopputuotteen laadusta. Laatu koetaan usein melko epä-

määräisenä käsitteenä, jonka sisältöä on vaikea hahmottaa. Siihen vaikuttavien tekijöiden käsittely on helpompaa, kun pohjaksi tehdään prosessi/palvelulinjakuvaus, esim. vuokaaviona.

Varsinaisessa esityksessä tullaan käymään läpi asetuksen mukaisia auditoinnissa tarkastettavia asioita esimerkinomaisesti tarkemmin. Koska ohjeistusta ja kriteeristöjä ollaan vasta luomassa, ko esimerkit perustuvat lain ja asetuksen määräyksiin, käytännön kokemukseen sekä auditoinneista että terveyskeskus-, keskussairaala- että yliopistosairaalaradiologiassa työskentelystä.

Kirjallisuutta

Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom.

Laki säteilylain muuttamisesta (1142/1998). www.stuk.fi/saannosto

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (423/2000). www.stuk.fi/saannosto

ST-ohjeet. www.stuk.fi/saannosto

ACR appropriatenes criteria. www.acr.org.

The Royal College of Radiologists: Making the best use of a department of clinical radiology. Guidelines for doctors. 4th edition, 1998.

Sädehoidon laatu järjestelmän perustaminen.
www.stuk.fi/julkaisut/laatujaarjestelma

Käypä hoito. www.duodecim.fi

Quality criteria for diagnostic radiographic images. Doc XII/173/90, 2nd ed, Comission of the European Communities, 1990.

Quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. Doc XII/307/91, Comission of the European Communities, 1992.

European guidelines for quality assurance in mammography screening. EUR 14821 EN, Commission of the European Communities, 1993.

Quality criteria for computed tomography.

EU:N TT-TUTKIMUSTEN LAATUSUOSITUKSET; KOKEMUKSET KLIINISEN KUVANLAADUN ARVIOINNISTA JA ANNOS

Pentti Lohela
HUS, Hyvinkään sairaala

Johdanto

TT-tutkimusten määrä on koko ajan kasvamassa huolimatta magneettikuvausten lähes räjähdysmäisestä kasvusta. Tämä johtuu osin myös TT-laitteiden ja kuvatyöasemien sekä kuvankäsittelyohjelmistojen nopeasta kehitymisestä. Tästä on esimerkkinä Hyvinkään sairaalan viime vuoden aikana tapahtunut toiminnan muutos.

Hyvinkään sairaala vastaa n. 160 000 asukkaan erikoissairaanhoidosta (Hyvinkää, Mäntsälä, Järvenpää, Nurmijärvi, Tuusula). Röntgenosasto on kokonaan digitaalinen mammografiaa lukuunottamatta, kuvat arkistoidaan digitaaliseen arkistoon, mutta klinikoille tulostetaan vielä vuoden 2001 ajan filmit. Terveyskeskukset saavat kokeilupereodin jälkeen lähettää potilaitaan suoraan TT-tutkimuksiin erityisesti, jos konsultoivat erikoislääkärit tai yleislääketieteen erikoislääkärit ovat tutkimuksen indisoineet.

GE HISPEED ZX/i 1-leike -spiraalilaitte hankittiin Hyvinkään sairaalaan toukokuussa 2000 ja varustettiin myös CT- fluoroskopiamahdollisuudella. Tutkimuksia tehdään vuodessa noin 4500. CT-fluoroskopiaa käytetään ohjattuihin näytteenottoihin yhä enenevässä määrin (mm. diffuusien keuhkosairauksien histologiset neulabiopsiat). Koronaarikalkkien detektio-ohjelma on testattu käyttökuntoon. Kuvatyöasemalla rekonstruoidaan 2D- ja 3D-kuvia, joiden informaatioarvo on tullut selkeästi ilmi eri kliinisten alojen subspecialisteille suunnatuissa meetingeissä (ortopedit, gastro-kirurgit, lastenneurologiat, neurologiat, keuhkolääkärit, pediatriit ja otologit). Virtuaaliendoskopia ja keuhkojen tilavuuden mittaus sekä emfyseeman vaikeusasteen ja jakauman gradeeraus on testattu ja on tulossa kliinisen kysymyksenasettelun kohteeksi. Terapeuttisia dreneerauksia ja lääkeaineinjektioita tehdään rutiinisti, eri kohteiden skleroterapia on suunnitteilla (ganglionblokadit ja etanoliablaatiot).

TT-tutkimusten sädeannosten ja laatukriteerien kartoitus on tullut enemmän kuin ajankohtaiseksi.

Materiaali ja metodit

Tutkimuksessa selvitettiin EU:n tietokonetomografiatutkimusten (TT) laatu-kriteereiden täyttymistä (EUR 1626EN) potilasaineistossa, joka kerättiin pohjoismaisista sairaaloista. (Suomesta tulokset saatiin neljästä sairaalasta.) Tutkimukseen valittiin kolme eri kohdealuetta/kliinistä indikaatiota:

- (a) aivot (diff.dg verenvuoto versus thromboosi/embolia)
- (b) keuhkot (epäily keuhkometastasoinnista)
- (c) lannerangan TT (discusprolapsi)

Jokaisesta sairaalasta valittiin 3 potilasta edustamaan kutakin kohdealuetta/indikaatiota (9 potilasta/sairaala). Tutkimus tehtiin ao. sairaalan normaalin TT-kuvauskäytännön mukaisesti. Hyvinkään sairaalassa löydökset arvioitiin myös työasemalta (filmitulostus tehtiin myös), muut sairaalat perustivat analyysin filmitulostukseen. Kunkin maan säteilysuojeluviranomainen tapasi ennen tutkimusta sairaalan kaksi kokenutta radiologia ja yhden röntgenhoitajan tai sairaalafyysikon. Kaksi radiologia arvioi tulokset ja kirjasi kustakin tutkimuksesta konsensus-mielipiteen EUR 16262EN (European Commission 1999) kriteereiden mukaan.

Käytetyt kriteerit

Aivot/yleistutkimus: (indikaatio: diff.dg hemorragia versus thromboosi/embolia)			
<i>Visualisoituminen</i>	Kyllä	Ei	Ei arvioitavissa
1. koko cerebrum			
2. koko cerebellum			
3. koko kallon pohja			
<i>Visuaalisesti terävä ...</i>			
1. valkean ja harmaan aineen raja			
2. basaali gangliot			
3. ventrikkelisysteemi			
4. aivo-selkäydinneste mesencephalonin ympärillä			
5. aivo-selkäydinneste aivojen ympärillä			

6. suuret suonet ja plexus chorioudeus iv-varjoaineen jälkeen			
<i>Yleisarvio</i>			
* hyväksyttävä kohina (optimaalinen, liikaa, liian vähän)			
* hyväksyttävä spatiaali resoluutio (- " -)			
* diagnostinen hyväksyttävyys (täysin, ehkä hyväksyttävä , hyväksyttävä rajoitetussa määrin, ei hyväksyttävä)			
<i>Kommentit</i>			
Keuhkot/yleistutkimus (indikaatio: keuhkometastaasi-epäily)			
<i>Visualisoituminen</i>	Kyllä	Ei	Ei arvioitavis- sa
1. koko rintakehän seinämä			
2. koko thorakaaliaorta ja vena cava			
3. koko sydän			
4. koko keuhkoparenkyymi			
5. suonet iv-varjoaineen jälkeen			
<i>Visuaalisesti terävä ..</i>			
1. thorakaali aorta			
2. anterioriset mediastinaalirakenteet, mukaan lukien thymus jäännös (jos havaittavissa)			
3. trachea ja pääbronchukset			
4. paratracheaalinen kudus			
5. carina ja imusolmukealueet			
6. oesophagus			
7. pleuro-mediastinaalinen raja			
8. suuret ja kesisuuret pulmonaalisuonet			
9. segmentaali bronchukset			
10. pleuran ja thoraxin seinämän raja			
<i>Yleisarvio</i>			
<i>Kommentit</i>			
Lanneranka (indikaatio: iskias/ diskusdg, epävarmaa mikä juuri on affisioitunut)			
<i>Visualisoituminen</i>	Kyllä	Ei	Ei arvioitavis- sa
1. koko epäilyttävä alue			
2. suonet iv-varjoaineen jälkeen			
3. selkäytimen hermojuuret intrathekaalisen varjoaineen jäl- keen			

<i>Visuaalisesti terävä ..</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. intervertebraalinen diskusprofiili 2. spinaalikanava (thecal sac) 3. perithecaalirasva 4. intervertebraali juurikanavat 5. hermojuuret 6. perithecaali venaplexukset iv-varjoaineen jälkeen 7. cortikaaliset ja perithecaaliset venaplexukset iv-varjoaineen jälkeen 8. intervertebraalinivelet 9. paravertebraaliligamentit
<i>Yleisarvio</i>
<i>Kommentit</i>
<i>Tulokset (ks. taulukko I)</i>

Kuvien arviointi

- Kohina, spatiaaliresoluutio ja diagnostinen hyväksyttävyys arvioitiin yleisesti hyväksi.
- Matala kyllä-vastauksien lukumäärä kuvien evaluaatioscheemassa ei välttämättä johdu huonosta laadusta. Potilaan ikä ja patologisen löydöksen laatu oli sekä Ei arvioitavissa - että Ei-vastausten syynä (mm. massiivi, hemorrhagia/hydrocephalus esti osittain kriteereiden arvion). Lisäksi todettiin erilaisia käytäntöjä prekontrasti tutkimuksissa.
- Kuvat arvioitiin pääsääntöisesti filmiltä (poikkeus Hyvinkää). Tämä saattoi vaikuttaa erilaisiin ikkuna-asetuksiin. Nykyään on siirrytty yhä enemmän työasematyöskentelyyn, mikä heijastunee uusintakuvausten vähentymisenä, kuten konventionaalisissa tutkimuksissa on jo nähty. Työasemien tullessa tehokkaammiksi ja nopeammiksi, voidaan työskentelytapaa muuttaa siten, että radiologi valvoo koko ajan tutkimusta ja räätälöi kuvaustapahtumaa kliinisen ongelman mukaan. Näin päästään rutiiniprotokollien käytöstä suunnattuihin TT-tutkimuksiin, jolloin sädeannoksen vähentämiseen on hyvät edellytykset, vaikka kuvausalueet ovatkin pidentyneet ja TT:n indikaatiot ovat huomattavasti laajentuneet etenkin monileikelaitteiden tarjoaman laajan 2- ja 3D-rekonstruktio-mahdollisuuksien vuoksi. Myös varjoaineen hyödyntäminen on selvästi parantunut nopeiden kuvausaikojen vuoksi.

Johtopäätökset

Tämä Pohjoismainen projekti näyttää, että EU:n laatuksiteereitä voidaan hyödyntää kuvien analysoinnissa ja kuvatason säilyttämisessä ja pysymme hyvin suositeltujen laatuksiteereiden rajoissa. Jopa sädeannosten ylärajojen kiristämistäkin näyttäisi olevan. Eräs päähyöty tutkimuksesta oli sairaaloiden henkilöstön tutustuttaminen EU:n laatuksiteereihin. Tämä saattaa innostaa paikallisten kuvauskäytäntöjen, kuvanlaadun ja TT-toimenpiteiden optimointiin. Kuitenkin on todettava, että radiologit toimivat omien tutkimustensa arvioitsijoina, joten tutkimuksessa oli tästä johtuva vääristymä, bias, ja tämä tutkimus ei ole siten sopiva vertailuihin eri sairaaloiden välillä. Tähän tarkoitukseen sopisi riippumattomien arvioitsijoiden tekemä evaluaatio.

Viitteet

EURATOM. Council directive 97/43/EURATOM on Health Protection of Individuals against the danger of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposures, Official Journal L 180, p 22 (1997).

European Commission. European guidelines on quality criteria for computed tomography. EUR 16262 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1999.

International Commission on Radiological Protection, Radiological Protection and Safety in Medicine, ICRP Publication 73, Pergamon Press, Oxford (1996).

Jones DG, Shrimpton PC., Survey of CT practise in the UK. Part 3: Normalised organ doses calculated using Monte Carlo techniques, NRPB-R250. London: HMSO. National Radiological Protection Board, 1991.

Leitz W, Axelsson B, Szendrö G. Computed tomography dose assessment - a practical approach, Radiat. Prot. Dosim. 1995; 57: 377-380.

Olerud HM. Analysis of factors influencing patient doses from CT in Norway. Radiat. Prot. Dosim. 1997; 71: 123-134.

POTILAAN ANNOS TT-TUTKIMUKSISSA - POHJOISMAINEN PILOTTITUTKIMUS

Juhani Karppinen
Säteilyturvakeskus

Johdanto

Tietokonetomografiatutkimusten määrä on kasvanut viime vuosina huolimatta lisääntyneestä magneettikuvaustutkimusten saatavuudesta. On arvoitu, että TT-tutkimukset aiheuttavat jo noin 40 % säteilyn lääkinnällisen käytön kollektiivisesta annoksesta. Monileikehelikaalilaitteen suomat mahdollisuudet lisäävät edelleen tutkimusten määrää.

Euroopan unioni on antanut laatuksiteerit (EUR 1626EN) tavanomaisten TT-tutkimusten optimoimiseksi. Samalla on annettu potilasannosten vertailutasot tutkimuksille (European Commission 1999). Suomen osalta nämä vertailutasot tulivat voimaan 8.12.2000. EU:n antamia laatuksiteerejä haluttiin testata käytännössä perustamalla yhteispohjoismainen pilottitutkimus. Projektin ensisijaisena tarkoituksena oli selvittää eräiden tutkimusten kuvanlaatuksiteerien osuvuus. Tutkimusten annosten vertailu antoi viitteitä vertailutasojen oikeellisuudesta ja maiden välisistä säteilyn käytön eroista.

Potilaan annoksen määrittäminen

Kustakin Pohjoismaasta (Suomi, Ruotsi, Norja, Tanska ja Islanti) projektiin osallistui viisi sairaalaa. Suomesta saatiin tiedot vain neljästä sairaalasta. Radiologit valitsivat yhteensä 9 normaalikokoista (60 - 80 kg) potilasta (3 potilasta/tutkimus), joille oli tehty pään, keuhkojen tai lannerangan rutiini TT-tutkimus. Potilaan saama (keskimääräinen ja efektiivinen) annos laskettiin kuvausparametrien perusteella (jännite, virta, pyörähdysaika, leikepaksuus, leikkeiden välinen siirto, leikkeiden lukumäärä) käyttäen hyväksi STUKin tarkastuspöytäkirjojen annosmittaustuloksia.

Tietokonetomografiassa käytettävät annossuureet

Tietokonetomografiassa potilaaseen kohdistuva säteily on rajattu kapeaksi, viuhkan muotoiseksi keilaksi, joka kohdistuu potilaaseen joka suunnilta röntgenputken pyörähtäessä potilaan ympäri. Tämän vuoksi tarvitaan erilaisia annossuureita kuin perinteisessä röntgenkuvauksessa. Perussuureena käytetään ns. TT-annosindeksiä eli CTDI-arvoa (Computed Tomography Dose Index). Tämä on määritelty annosprofiilin $D_1(z)$ ja leikepaksuuden T avulla

$$\text{CTDI} = \frac{1}{N \cdot T} \cdot \int D_1(z) dz.$$

N on tässä röntgenputken pyörähdysten aikana syntyvien leikekuvien lukumäärä. Tavallisesti mittauksissa käytetään puikkomaista 100 mm:n pituista ionisaatiokammioita. Koska tämä kammio on koko pituudeltaan herkkydel-tään sama, säteilymittarin lukema D vastaa nyt keskimääräistä annosta koko kammion pituudella L , ja

$$D \cdot L = \int_{-L/2}^{L/2} D_1(z) dz.$$

Vertailuarvot tietokonetomografiassa perustuvat mittauksiin standardifantomeissa (DHHS, FDA, 1984). Nämä ovat sylinterimäisiä akryylifantomeja (PMMA), joiden keskellä ja pinnan alla (1 cm syvyydellä) on reiät mittakammioille. Pään alueen kuvauksia vastaavan fantomin halkaisija on 16 cm ja vartalon aluetta vastaavan fantomin halkaisija 32 cm. Fantomin pituuden on oltava vähintään 14 cm. Potilaan kudosten keskimääräistä annosta kuvamaan on määritelty painotettu annosindeksi, CTDI_w , joka lasketaan fantomin pinta-annoksesta $\text{CTDI}_{\text{pinta}}$ ja keskellä mitatusta annoksesta $\text{CTDI}_{\text{keski}}$

$$\text{CTDI}_w = \frac{2}{3} \cdot \text{CTDI}_{\text{pinta}} + \frac{1}{3} \cdot \text{CTDI}_{\text{keski}}$$

IEC:n standardin 60601-2-44 (1999) mukaan tutkimuksen CTDI_w -arvo pitäisi olla nähtävissä ohjauspöydästä ja jos leikkeiden välinen siirto ei ole sama kuin leikepaksuus, tämän arvon tulee kuvata myös keskimääräistä annosta tutkitavalla leikealueella. Toisin sanoen CTDI_w -arvo pitää jakaa pitch-tekijällä.

Jos siirto poikkeaa leikepaksuudesta, $CTDI_w$ -asemasta on järkevää käyttää keskimääräistä tutkittavan alueen annosta. Tämä suure, MSAD (Multiple Scan Average Dose), määritellään

$$MSAD = \frac{1}{\Delta d} \cdot \int_{-L/2}^{L/2} D_1(z) dz = \frac{1}{\Delta d} (D_1 \cdot L) = CTDI/(\Delta d/N \cdot T),$$

missä termiä $\Delta d/N \cdot T$ kutsutaan pitchiksi (pöydän liikkeen suhdetta leikepaksuuteen $N \cdot T$ yhden röntgenputken pyörähdysten aikana). $CTDI$ -ja $MSAD$ -lukuarvot ovat samat, kun pitch on yksi (ts. kun kuvaus tehdään vierekkäisin leikkein).

Potilaan kokonaisaltistus riippuu myös tutkittavan alueen koosta. Analoginen suure DAP -arvolle on annoksen ja pituuden tulo, DLP (Dose Length Product). DLP voidaan määritellä integraalina

$$DLP = \int D(z) dz.$$

Kun tutkimus koostuu useasta erillisestä leikkeestä, koko tutkimuksen DLP voidaan laskea yhden leikkeen annosprofiilista $D_1(z)$

$$DLP = n \cdot \int_{-L/2}^{L/2} D_1(z) dz = n \cdot (D_1 \cdot L) = n \cdot \Delta d \cdot MSAD = n \cdot N \cdot T \cdot CTDI,$$

missä n on leikkeiden (pyörähdysten) lukumäärä. Jos tutkittavan alueen pituus ($n \cdot \Delta d$) ja $MSAD$ -arvo tunnetaan, DLP saadaan kertomalla nämä arvot keskenään. Yleensä kuvattavan alueen pituus ja "efektiivinen $CTDI_w$ -arvo" (ts. $MSAD$ -arvo) näkyvät ainakin uusimpien laitteiden ohjauspaneelista. Putken pyörähdysten lukumäärä ($= n$) saadaan jakamalla tutkittavan alueen pituus leikkeiden välisellä siirrolla Δd tai kokonaissähkömäärä (mAs) yhden putken pyörähdysten mAs-arvolla. Usein tutkimus koostuu kahdesta tai useammasta kuvasarjasta, joilla voi olla eri kuvausparametrit (mAs-arvo, leikepaksaus jne.). Tällöin DLP arvot (ja $CTDI$ -arvot) määritetään erikseen kullekin kuvasarjalle ja lopuksi saadut DLP -arvot lasketaan yhteen.

Efektiivisen annoksen arviointi

TT-tutkimusten efektiivisen annoksen määrittäminen mahdollistaa TT-tutkimusten vertaamisen muihin radiologisiin tutkimuksiin. Efektiivisen annoksen laskentaan on kehitetty Monte Carlo -tekniikkaan (Jones et al. 1991) perustuvia laskentamalleja, joissa käytetään gantryaukon keskellä ilmassa mitattua CTDI_{air}-arvoa. Tavallisesti, riittävän arvion efektiivisestä annoksesta (E) saa kertomalla DLP-arvo tutkimuskohtaisella korjauskertoimella E_{DLP} (EUR 16262EN taulukko 2)

$$E = E_{DLP} \cdot DLP.$$

Tulokset ja niiden arviointi

Tutkimuksessa oli mukana 25 TT-laboratoriota kaikista Pohjoismaista. Laitteiden valmistajat ja niiden lukumäärät on annettu taulukossa I. Vain kahdesta laitteesta puuttui ns. helikaalitoiminto. Kaikissa suomalaisissa laitteissa (GE:n, Siemensin laitteita 1 kpl, Toshiba laitteita 2 kpl) oli helikaalitoiminto.

Tutkimuksissa käytetty kuvaustekniikka oli yleensä EU:n laatuksiteerien mukainen. Kuitenkin ikkunoiden (window with and level) asettelussa oli selviä eroja, ja jotkut laboratoriot (ei suomalaiset) käyttivät aivojen kuvauksessa suurempaa pitch-arvoa kuin yksi. Suurin osa aivojen ja lannerangan tutkimuksista tehtiin käyttäen aksiaalikuvaustekniikka (vierekkäisleikekuvausta). Keuhkot sitä vastoin kuvattiin käyttäen helikaalitekniikkaa ja pitch-arvoa noin 1,5.

Taulukko I. Laitteiden valmistajat ja lukumääräjakauma.

Valmistaja	Lukumäärä
Elscint, Picker	1
General Electric	7
Picker	3
Toshiba	4
Philips	3
Siemens	6
Hitachi	1

Taulukossa II - IV on annettu maittain keskimääräiset $CTDI_w$ -, DLP-arvot sekä efektiiviset annokset pään ja keuhkojen sekä lannerangan tutkimuksissa. Keskiarvojen lisäksi taulukkoihin on merkitty EU:n antamat vertailuarvot, jotka ovat samat kuin Suomen vertailuannokset.

Pään alueen tutkimusten keskimääräinen $CTDI_w$ -arvo oli sama kuin EU:n vertailuarvo paitsi lannerangan tutkimuksissa $CTDI_w$ -arvo oli hieman korkeampi. Keuhkotutkimusten selvästi alhainen $CTDI_w$ -arvo johtuu siitä, että $CTDI_w$ -arvoa laskettaessa on huomioitu myös pitch-tekijä, mitä ei tehdä EU:n suosituksissa.

DLP-arvon suuruuteen vaikutti ensisijassa kuvattavan alueen pituus (vaihteluväli 160 - 779 mm). Esimerkiksi Suomessa keuhkokuvauksen yhteydessä kuvattiin yleensä myös ylävatsa. Ruotsissa oli yleistä, että pää kuvattiin käyttäen sekä kontrastiainetta että ilman kontrastiainetta.

Taulukko II. Annosluvut pään rutiinitutkimuksissa

	Suomi	Tanska	Islanti	Norja	Ruotsi	Keski-arvo	EU:n vertailuarvo
$CTDI_w$ (mGy)	60	53	64	56	67	60	60
DLP (mGy·cm)	742	598	698	636	1026	740	1050
E (mSv)	1,7	1,4	1,6	1,5	2,4	1,7	

Taulukko III. Annosluvut keuhkojen rutiinitutkimuksissa

	Suomi	Tanska	Islanti	Norja	Ruotsi	Keski-arvo	EU:n vertailuarvo
$CTDI_w$ (mGy)	11	11	12	11	11	11	30
DLP (mGy·cm)	528	422	443	353	354	420	650
E (mSv)	9,0	7,2	7,5	6,0	6,0	7,1	

Taulukko IV. Annosluvut lannerangan tutkimuksissa

	Suomi	Tanska	Islanti	Norja	Ruotsi	Keski-arvo	EU:n vertailuarvo
$CTDI_w$ (mGy)	40	40	45	32	46	40	35
DLP (mGy·cm)	455	431,5	450	251	498	417	650
E (mSv)	8,6	8,2	8,6	4,8	9,5	7,9	

Tutkimusten efektiiviset annokset olivat samaa luokkaa kuin aikaisemmin julkaistuissa raporteissa (Leitz et al. 1995, Olerud 1997).

Johtopäätökset

Pohjoismaiden säteilyn käytössä tavanomaisissa TT-tutkimuksissa ei ole suuria eroja ja potilaalle aiheutuu lähes yhtä suuret annokset joutui hän sitten tutkimuksiin Suomessa tai Tanskassa. Tutkimusten potilasannokset olivat pääosin EU:n antamien vertailulukujen mukaiset tai niiden alle. Tutkimusten efektiivisissä annoksissa ei ole tapahtunut muutoksia viime vuosina.

Viitteet

European Commission. European guidelines on quality criteria for computed tomography. EUR 16262 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1999.

DHHS, FDA. CFR Part 1020: Diagnostic x-ray systems and their major components; Amendments to performance standard; Final rule. Federal Register 1984; 49:171.

Jones DG, Shrimpton PC. Survey of CT practise in the UK. Part 3: Normalised organ doses calculated using Monte Carlo techniques. NRPB-R250. London: HMSO. National Radiological Protection Board, 1991.

Leitz W, Axelsson B, Szendrö G. Computed tomography dose assessment - a practical approach. Radiat. Prot. Dosim. 1995; 57: 377-380.

Olerud HM. Analysis of factors influencing patient doses from CT in Norway. Radiat. Prot. Dosim. 1997; 71: 123-134.

LAATU LASTEN THORAXTUTKIMUKSISSA

Anna Förh, Päivi Palmumaa
HUS, HYKS Röntgen, Lasten ja nuorten sairaala

Suomessa noin 9 % röntgenkuvauksista tehdään lapsille (noin 350 000 kpl). Näistä noin 20 - 30 % on hengitysteiden kuvauksia eli pääasiassa thoraxkuvauksia. Omalla työpaikallamme HYKS:n Lasten ja Nuorten sairaalassa tehdään kaikki lasten elin- ja luuydinsiirrot sekä leikataan vastasyntyneiden sydänviat ja kaikki lasten vaikeat sydänviat Suomessa. Tämän lisäksi sairaalassamme hoidetaan kaikenkokoisia lapsia pikkukeskosista aikuisen kokoihin teini-ikäisiin.

Lasten ja nuorten sairaalan röntgenosasto on lasten kuvauksiin erikoistunut yksikkö, jossa tehdään vuosittain 16000 - 17000 thoraxtutkimusta ja näistä röntgenosaston ulkopuolella noin 9000, pääasiassa sairaalamme kahdella teho-osastolla.

Laatu lasten röntgentutkimuksissa muodostuu

- hyvästä potilaan hoidosta
- hyvästä teknisestä kuvan laadusta,
- säteilyaltistuksen minimoinnista,
- diagnostiikan osuvuudesta ja
- potilas-/asiakastyytyväisyydestä.

Kuvauksiin liittyvän sädeannoksen aleneminen on erityisesti lapsilla tärkeää; alle 10-vuotiaalla lapsella arvioidaan säteilyn myöhäisvaikutusten riskin olevan 3 - 4 kertaa suurempi kuin 30 - 40-vuotiaalla ja 5 - 7 kertaa suurempi kuin yli 50-vuotiaalla.

Röntgentutkimuksen oikeutus on ensimmäinen edellytys säteilysuojelussa – tarpeettomia röntgenkuvauksia ei pidä tehdä. Nykyinen lainsäädäntö korostaa klinikon vastuuta tässä asiassa. Kuvaukseen pitää olla selvä kliininen aihe ja kuvauksen pitää vaikuttaa diagnoosiin ja/tai hoitoon. On myös mietittävä, voitaisiinko asia selvittää muulla vähemmän säteilylle altistavalla tutkimusmenetelmällä (käytännössä ultraääni-, magneetti- tai isotooppikuvaus).

Lapsen röntgenkuvaus poikkeaa aikuisen kuvaamisesta eikä samoja kriteereitä riittävälle kuvan laadulle voida käyttää kuin aikuisille. Lapsi on kooltaan pienempi, vartalon mittasuhteet vaihtelevat iän mukaan, pienillä lapsilla kooperaatio puuttuu ja on myös toiminnallisia eroja: nopea pulssi, nopea hengitysfrekvenssi, kykenemättömyys pidättää hengitystä, runsas suolikaasu jne.

Eu-suositukset

Euroopan komissio on laatinut laatukriteerejä osalle lastenkuvauksista. Niiden mukaan lasten thoraxkuvauksessa riittävälle kuvan laadulle on määritetty seuraavat vaatimukset.

Etukuvassa:

- hyvä sisäänhengitys
- suora kuva
- kuvausalue keuhkojen kärjestä T12/L1-tasolle
- verisuonikuvioituksen näkyminen keuhkojen sentraalisen 2/3 alueella
- trakean ja proksimaalisten bronkuksien näkyminen
- pallean ja lateraalisoppien tarkka näkyminen
- selkärangan ja sen viereisten rakenteiden, sydämen takaisen keuhkon ja mediastinummin näkyminen

Sivukuvassa:

- hyvä sisäänhengitys
- suora sivukuva
- trakean näkyminen keuhkojen kärjestä bifurcatioon ja myös pääbronkusten näkyminen
- molempien palleoiden tarkka näkyminen
- hilussuonten näkyminen
- sternumin ja selkärangan näkyminen

Kysymyksen asettelusta riippuen voidaan huonompikin kuva hyväksyä, jos kliiniseen ongelmaan saadaan vastaus.

Lapsi kuvauksessa

Pelkkien ohjeiden noudattaminen ei kuitenkaan riitä annosten pienentämiseksi, vaan tarvitaan myös ammattitaitoinen henkilökunta, lasten tutkimuksiin soveltuvat laitteet sekä hyvin suunnitellut tilat.

Lasten röntgentutkimusten onnistuminen vaatii hyvää ammattitaitoa sekä tottumusta työskennellä lasten ja heidän vanhempiensa kanssa. Tutkimusten ennakkovalmistelu ja hyvä yhteistyö lapsen ja saattajien kanssa ovat lähtökohtia tutkimusten suorittamiselle. Lasten thoraxkuvauksissa tekninen laatu kulkee käsi kädessä yhteistyön onnistumisen kanssa. Pienten lasten kohdalla tähän kuuluu tutun ja turvallisen aikuisen läsnäolo ja hyvä yhteistyö ja ohjaus heidän kanssaan.

Röntgenhoitajan on tiedettävä ja ymmärrettävä lasten fyysisen ja psyykkisen kehityksen vaiheet, jotta hän voi huomioida lapsen kyvyt ja edellytykset toimia uudessa ja vieraassa tilanteessa. Thoraxtutkimuksissa tämä tarkoittaa mm. riisuuntumista, pukeutumista, kuvausasettelua, ymmärrettävällä tavalla ja kielellä puhumista sekä tarvittaessa leikin ja lelujen käyttöä lapsen ohjauksessa. Röntgenhoitajien tehtävänä onkin auttaa lasta selviämään tutkimuksesta mahdollisimman hyvin. Lapsi on iloinen ja onnellinen, kun hän on itse autettuna selvinnyt tutkimustilanteesta.

Tutkimuksen huolellinen suunnittelu ja valmistelu on tärkeää, jotta itse kuvaustilanteessa voi työskennellä rauhallisesti, huomioida lasta ja vanhempia sekä suorittaa selkein ripein menetelmin itse kuvauksen. Huoneen valmisteluun kuuluu laitteiden kohdalleen asettaminen (putki, rajausta), kasettien valinta, kuvausarvojen valinta sekä mahdollisten apuvälineiden ja lelujen esille ottaminen.

Kun lapsi pyydetään kuvaushuoneeseen, häntä puhutellaan etunimellä. Iloinen, ystävällinen ja luonnollinen lähestyminen on tärkeää ensi kohtaamisessa. Lapsen kanssa keskusteltaessa tulisi katsekontaktin olla samalla tasolla. Henkilökunnan ja vanhempien rauhallinen ja rehellinen käyttäytyminen auttaa tutkimuksen suorittamisesta. Lapsi hyväksyy hoitotoimenpiteet ja tutkimukset paremmin, jos rehellisesti ilmoitetaan, kun sattuu tai kun kuuluu kova ääni tai hurina. Pieniä lapsia kosketellessa ovat eduksi lämpimät kädet sekä tukeva, varma, rauhallinen ja luotettava ote. Aina on hyvä muistaa, että

esim. kipu ja tutkimusta edeltävät tapahtumat vaikuttavat lapsen käyttäytymiseen ja yhteistyökykyyn.

Tutkimukset mahdollisimman pienellä sädeannoksella

Lasten tutkimuksissa on pyrittävä hakemaan mahdollisimman pienellä sädeannoksella riittävä kuvanlaatu, josta vielä voidaan tehdä diagnoosi. Kuvauskäytäntömme on kirjattuna tutkimusohjeisiimme. Oikean kuvaustekniikan valintaan liittyvät mm. seuraavat tekijät:

- filmi/vahvistuslevyjen ja kuvausarvojen valinta
- lisäsuodatusten käyttö
- hilan rakenne ja sen käyttö
- mahdollisuus hilan irrottamiseen.

Huono kuvausasento on tavallisin syy epäonnistuneeseen kuvaan lapsilla. Oikea asettelu on vaikeaa, usein tarvitaan immobilisaatiota. Röntgenosastollamme kuvattavien lasten thoraxkuvaukset toteutetaan pystyasennossa (istuen tai seisten) perinteisellä filmi-vahvistuslevyjärjestelmällä. Etukuva otetaan pa-projektiossa aina, kun se vain on mahdollista. Kuvan huolellinen rajaaminen vähentää olennaisesti lapsen sädeannosta ja parantaa kuvan resoluutiota ja kontrastia. Koulutetut lastenhoitajat, röntgenhoitajat ja/tai vanhemmat huolehtivat lapsen kiinnipidosta.

Kuvan exponointia varten röntgenhoitajalla on suora näköyhteys tutkimustelineelle. Tämä helpottaa sisäänhengityksen havaitsemista sekä liike-epätarkkuuksien ja huonon kuvausasennon välttämistä.

Yksi osa säteilysuojelua on ulkoisten sädesuojien käyttö. Osastollamme on suojien käytöstä yhteisesti sovitut kirjalliset ohjeet. Noudatamme lasten suojien käytössä ”5 cm:n sääntöä”. Vanhemmilla ja muilla tutkimuksessa mukana olevilla henkilöillä on asianmukaiset sädesuojat.

Laatuprojekti: potilasannokset ja kuvan laatu lasten thorax- tutkimuksissa

Elokuussa 2000 käynnistimme laatuhankkeen yhteistyössä Säteilyturvakeskuksen kanssa. Projektin tarkoituksena on selvittää potilasannokset ja kuvan laatu thorax-tutkimuksissa sekä röntgenosaston että osaston ulkopuolisissa kuvauksissa. Projektin suunnittelusta vastaa työryhmä, johon kuuluu osastoltamme 3 röntgenhoitajaa, radiologi ja osastonhoitaja sekä STUKin edustaja. Annosmittauksiin osallistuvat osastomme kaikki röntgenhoitajat ja kuvan laadun arviointiin kaikki radiologit.

Mittaukset toteutettiin koemittausten jälkeen projektin alkaessa käytössämme olleella kuvaustekniikalla. Vertailumittauksia teimme joillakin EU-suositusten kuvausparametreilla, jotka poikkesivat omistamme. Annosmittauksia ja kuvan laadun arviointia varten suunnittelimme valmiit lomakkeet.

Projekti on ollut mielenkiintoinen ja antoisa. Itse mittaukset on suoritettu suhteellisen nopealla aikataululla. Tätä kirjoitettaessa pieni osa mittauksista on vielä kesken ja tulosten analysointi on juuri käynnistynyt.

Lopullisena tavoitteenamme on löytää thorax-kuvauksiimme riittävä kuvan laatu mahdollisimman pienellä potilasannoksella ja säilyttää se siirtyessämme digitaaliseen kuvantamiseen. Siirtymisen jälkeen tulemme tekemään mittaukset uudelleen.

Kirjallisuutta

Cook JV, Pettett A, Shah K, Pablot S. Guidelines on good practice in paediatric radiology. UK. 1996.

Euroopan komissio. Säteilysuojelu 109, Ohjeita lääketieteellisessä säteilyaltistuksessa sovellettavista diagnostisista vertailutasoista. 1999.

European commission. European guidelines on Quality criteria for diagnostic radiographic images in pediatrics. 1996.

Hiitola B. Parantava leikki. Tammer-paino, Tampere. 2000.

Linnajärvi S, Palmumaa P; Örnmark E. Lapsen röntgentutkimus onnistuu yhdessä lapsen, vanhempien ja hoitajien kanssa. Radiografia-lehti 2000; 4: 10-13.

Raivo K, Siimes M A (toim.). Lastentaudit. Kustannus Oy Duodecim.1998.

Seuri R. Kuvassa lapsi. Alara-lehti 2000; 3:12-13.

Säteilyturvakeskus. Potilaan suojaaminen röntgendiagnostiikassa. Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunnan (IRCP) 3. komitean raportti.1993.

Tapiovaara M. Lasten säteilyannoksia voidaan pienentää. Alara-lehti 2000; 3:13-14.

LAADUN KEHITTÄMINEN LASTEN TUTKIMUKSISSA JA KOKEMUKSET ANNOSMITTAUKSISTA

Pirjo Outinen
Kätilöopiston sairaala

Kätilöopiston sairaalan röntgenosastolla toteutettiin vuosina 1999 - 2000 kehittämishanke säteilyannoksen ja kuvanlaadun arvioinnista lasten röntgen-tutkimuksissa yhteistyössä osaston henkilökunnan ja Säteilyturvakeskuksen kanssa. Laadun kehittämishanketta on käsitelty STUKin raportissa STUK-A174 sekä Radiografia-lehdessä 4/2000.

Tutkimushankkeen päätavoitteena oli kerätyn tiedon avulla selvittää kuvan laatu ja säteilyannos keskeisissä lapsipotilaiden tutkimuksissa. Tulosten avulla voidaan arvioida käytetyn kuvantamismenetelmän sopivuutta lasten tutkimuksiin sekä erilaisia annosmittausmenetelmiä. Lopputavoitteena henkilökunnalla oli diagnostinen tutkimus ALARA-periaatteella. Tutkimuksen aiheuttamat muutokset kuvauskäytäntöihin jäivät melko vähäisiksi. Radiologien ja hoitajien mielestä kuvanlaatu on jonkin verran parempi kuin lähtötilanteessa. Ihoannokset ovat saatujen mittaustulosten perusteella EU-suosituksia alhaisempia.

Keskityn esityksessäni henkilökunnan kokemuksiin annosmittausten suorittamisesta, kuvauskäytännöissä tapahtuneisiin muutoksiin sekä kehityshankkeen herättämiin jatkosuunnitelmiin.

Annosmittaukset henkilökunnan kokemana

Säteilyannosten mittaukset tehtiin kahdella menetelmällä. Pinta-ala-annos (DAP) mitattiin Gammex-RMI 840 -mittarilla ja potilaan ihoannos (ESD) määritettiin laskennallisesti mitatusta ilmakermasta (annosmittari MDH 1015). Tulosten arvioimiseksi röntgenhoitaja täytti jokaisesta tutkimuksesta tutkimuskohtaisen lomakkeen (Pinta-alaannokset röntgentutkimuksissa). Röntgenhoitajat ja radiologit arvioivat tulostetun kuvan laatua tätä varten laaditulla mittareilla. Otoksen koko oli 150 tutkimusta.

Positiiviset kokemukset

- Potilaan säteilyannokseen vaikuttavien tekijöiden merkitys vahvistui
 - kV, mAs
 - suodatus
 - kenttäkoko
 - kuvausetäisyys
 - hilan käyttö
 - säteilysuojat
- Kehitettiin lasten kuvausarvoja
 - kirjattiin hyvän röntgenkuvan ja rajauksen tunnusmerkit
 - määriteltiin ja kirjattiin lomakkeissa käytetyt tärkeimmät käsitteet
- Digitaalinen kuvaustekniikka selkiytyi
- Tieto säteilysuojauksesta lisääntyi
 - lasten suojaaminen
 - kiinnipitäminen
- Laadittiin uusia kirjallisia ohjeita
- Kriittisyys omaa työtä kohtaan lisääntyi
- Henkilökunta sai kokemusta tutkimushankkeeseen osallistumisesta ja annosmittausten suorittamisesta
 - tutkimuslomakkeiden suunnittelu
 - mittausten suorittaminen ja tulosten dokumentointi
 - tiimityötaitojen lisääntyminen
- Tutkimuksen tulokset mielenkiintoisia
 - saatiin tietoa " missä mennään"
 - vertailu vastaaviin muualla suoritettuihin tutkimuksiin ja EU-suosituksiin
- Positiivinen maine
 - posterit
 - julkaisut

- Heräsi tarve kehittää lasten röntgentutkimusmenetelmiä jatkossakin
 - kuvausmenetelmät
 - apuvälineet

Negatiiviset kokemukset

- Yhteen projektiin sisällytettiin liian paljon asioita
 - annosmittaukset
 - kuvan laatu röntgenhoitajan ja radiologin kokemana
- Ikäryhmiä oli liian paljon (riittävän otoksen kokoaminen kussakin ikäryhmässä muodostui vaikeaksi).
- Annosmittaukset pitkittivät potilaan tutkimusaikaa. Etenkin kuvausta pelkäävien lasten kohdalla annosmittaukset lisäsivät tarpeettomasti tutkimusaikaa ja lapsen kärsimystä.
- Vastasyntyneiden ja leikki-ikäisten lasten kohdalla tutkimus koettiin liian monivaiheiseksi.
- Ajoittainen henkilöstöressurssien niukkuus vaikeutti ja hidasti tutkimushankkeen etenemistä.
- Kiireen keskellä tehdyissä annosmittauksissa virheet lisääntyivät, "ei ollut aikaa ajatella".
- Mittausten suorittaminen ja tietojen kirjaaminen lomakkeisiin koettiin rasittavana ja normaalia työtä häiritsevänä, kun henkilökuntaresursseissa oli vajausta.
- Säteilykeilan koon määrittäminen tutkimuksissa oli ongelmallista, koska kuvaa ei voinut tulostaa jossain tunnetussa (esim. 1:1) mittakaavassa.
- Kaikki hoitajat eivät osallistuneet tasapuolisesti tutkimushankkeeseen /annosmittausten suorittamiseen.
- Yksi työasema oli riittämätön, koska kenttäkoko mitattiin työaseman monitorilta (radiologeilla ja röntgenhoitajilla tulisi olla omat työasemat).

- Röntgenhoitajat saivat muistuttaa radiologeja lomakkeiden täytöstä
- Tutkimus venyi liian pitkäksi (mittaukset aloitettiin syyskuussa 1999 ja viimeinen mittausta tehtiin marraskuussa 2000).
- Henkilökuntaa olisi pitänyt motivoida enemmän huomioiden tutkimuksen venyminen.

Tutkimuksen aiheuttamat muutokset fokuskokoon, lisäsuodatukseen, filmi-fokusetäisyyteen, exponointiluokkaan, hilan käyttöön ja kuvausarvoihin

Thorax (thorax-teline):

Vastasyntyneillä lapsilla filmi-fokusetäisyyttä muutettiin 100 cm:stä 110 cm:iin. Kuvausetäisyyttä lisäämällä pyrittiin pienentämään potilaan säteilyannosta. Kuvauksissa lisättiin mAs-arvoja keskimäärin kaksi pykälää viidenteen ikävuoteen saakka. Arvojen lisääminen vähensi kuvan rakeisuutta. Muut kuvan laatuun vaikuttavat tekijät säilyivät ennallaan (fokuskoko 0.6 mm, lisäsuodatus 0,2 Cu + 1 Al , exponointiluokka 200, hila-).

Thorax (osastokone):

Tutkimuksen aikana filmi-fokusetäisyys oli 100 cm, mutta mittausten loputtua etäisyys nostettiin 110 - 115 cm:iin. Osastokoneen fokuskoko on 0.8 mm ja perussuodatus 3.0 mm Al.

Sinus- ja kitarisakuvaukset (thorax-teline/bucky-pöytä):

Filmi-fokusetäisyyttä muutettiin 110 cm:stä 115 cm:iin ja mAs-arvoja lisättiin keskimäärin kaksi pykälää. Kuvien rakeisuus väheni. Muut kuvan laatuun vaikuttavat tekijät säilyivät ennallaan (fokuskoko 0.6 mm, lisäsuodatus 0,2 Cu + 1 Al , exponointiluokka 400, hila+).

Muut vaikutukset

Vastasyntyneiden kasettitelineestä poistettiin pleksilevy, jonka todettiin lisäävän röntgenosastolla ilman hilaa otettujen thorax-kuvien epätarkkuutta. Luotiin yhteiset pelisäännöt kirjaamalla hyvän röntgenkuvan ja rajauksen tunnusmerkit sekä määriteltiin tärkeimmät käsitteet. Potilaiden sätei-

lysuojaimien käytöstä keskusteltiin ja painotettiin ohjeiden noudattamisen ja yhteisen käytännön tärkeyttä.

Jatkosuunnitelmat

Seuraamme säännöllisesti lasten säteilyannoksia keskeisimmissä tutkimuksissa annosmittausten avulla ja vertaamme niitä hyvän käytännön mukaisiin vertailutasoihin. Tarkkailemme kuvanlaatua. Kehittelemme ja kokeilemme erilaisia vaihtoehtoja vastasyntyneiden thorax-kuvauksiin, koska käyttämämme kuvauskaukalo jättää kuvaan kuvanlaatua huonontavan varjon. Olemme nimenneet henkilökunnastamme työryhmän, joka kehittää yhdessä opiskelijoiden kanssa lasten kuvauksiin käytettäviä tutkimusvälineitä ja ohjeistusta. Pyrimme huomioimaan kehittämistyössä myös lasten ja heidän vanhempiensa näkökulman. Kehityksen yhtenä lähtökohtana on yhteistyöverkostojen luominen ja hyödyntäminen muiden lapsipotilaita tutkivien röntgenosastojen kanssa. Ammattitaitoinen henkilökunta, hyvät röntgenlaitteet, informatiivinen ja selkeä röntgenlähete , oikein suunnitellut ja asianmukaiset tutkimusvälineet sekä potilaan riittävä ohjaus varmistavat lapsipotilaan röntgen-tutkimuksen onnistumisen.

SÄTEILYANNOKSET ERÄISSÄ LASTEN RÖNTGENTUTKIMUKSISSA LASTEN JA NUORTEN SAIRAALASSA JA KÄTILÖOPISTON SAIRAALASSA

Teuvo Parviainen
Säteilyturvakeskus

Säteilyturvallisuutta koskevissa EU:n säädöksissä kiinnitetään erityistä huomiota mm. lasten säteilyturvallisuuteen (Euroopan Unionin Neuvosto 1997). Säteilylaki, sen nojalla annetut säädökset ja Sosiaali- ja terveysministeriön asetus (nro 423/2000) säteilyn lääketieteellisestä käytöstä velvoittavat Suomessa toteuttamaan direktiivin periaatteita ja tarkoitusta. Uudet säädökset velvoittavat mm. seuraamaan potilaiden saamia säteilyannoksia ja radiologisten tutkimusten laatua. EU:ssa jäsenvaltioita veloitetaan myös edistämään diagnostisten vertailutasojen määrittämistä ja käyttöönottoa. Säteilyannosten vertailutasot eivät saisi ylittyä normaaleissa tyypillisissä röntgentutkimuksissa. Säteilytoiminnan harjoittajien tulee olla selvillä tavanomaisista röntgentutkimuksista potilaille aiheutuvista säteilyannoksista.

Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on mm. antaa käyttöön valtakunnallisia potilaan säteilyaltistusta kuvaavia vertailuarvoja. Lasten röntgentutkimuksille ei ole vielä Suomessa annettu vertailuarvoja, koska ei ole vielä ollut käytävissä riittävästi luotettavaa annosmittausaineistoa. Säteilyturvakeskus on jo vuosia systemaattisesti pyrkinyt eri tutkimusprojektien ja sairaaloiden kanssa yhdessä tehtävien kehittämishankkeiden avulla määrittämään lasten röntgentutkimuksista aiheutuvaa säteilyaltistusta. Näin saadaan annosmittaustuloksia, joiden avulla voidaan tulevaisuudessa antaa kansalliset vertailutasot lasten röntgentutkimuksille.

EU on julkaissut myös lasten röntgentutkimuksia koskevia suosituksia. Laadun kehittäminen edellyttää säteilytoiminnan systemaattista arviointia. Säteilyturvallisuutta ohjaavissa säädöksissä veloitetaan optimointiin, jotta voitaisiin saavuttaa mahdollisimman suuri hyöty aiheutettuun riskiin verrattuna. Toiminnan laadun arviointi ja toiminnan jatkuva kehittäminen kuuluvat laatutietoiseen toimintakulttuuriin terveydenhuollossa.

Lasten röntgentutkimukset

Röntgentutkimuksia tehdään alle 16 vuotiaille Suomessa vuosittain yhteensä noin 350 000. Kaikista tehdyistä röntgentutkimuksista lähes 9 %. Valtaosa lasten röntgentutkimuksista tehdään terveyskeskuksissa. Lasten tutkimusten osuus kaikista röntgentutkimuksista on terveyskeskuksissa noin 15 %. Lähes 80 % näistä on terveyskeskuksissa luuston tutkimuksia ja noin 20 % hengityselinten tutkimuksia (Heikkilä, Servomaa, Parviainen 1998). Taulukossa I on esitetty lasten röntgentutkimusten jakautuminen terveyskeskusten, sairaaloiden ja yksityisten laitosten kesken. Suomessa vain muutamat sairaaloiden radiologiset yksiköt ovat erikoistuneet erityisen paljon lasten tutkimuksiin. Lasten ja nuorten sairaalan ja Kättilöopiston sairaalan radiologiset yksiköt ovat tällaisia.

Luuston röntgentutkimukset ovat yleisimpiä lasten röntgentutkimuksia, ja niiden osuus kaikista lasten tutkimuksista on noin 68 %. Toiseksi eniten (27 %) tehdään hengityselimistö tutkimuksia. Eniten luuston tutkimuksia kaikista lasten tutkimuksista tehdään perusterveydenhuollon tasolla terveyskeskuksissa ja vähiten yliopistosairaaloissa. Yleisin läpivalaisututkimus on mikiokystografia ja yleisin tietokonetomografiatutkimus pään TT kaikissa ikäryhmissä. Mahasuolikanavan tutkimuksia (GI) on noin 2 % ja virtsateiden tutkimuksia noin 1 % kaikista lasten röntgentutkimuksista.

Taulukko I. Lasten röntgentutkimukset terveydenhuollon eri yksiköissä vuonna 1995.

Sairaalityyppi	Lasten röntgentutkimukset	Kaikista lasten röntgentutkimuksista %	Kaikista sairaala-tyypin tutkimuksista %
Terveyskeskukset	147 000	42	9,3
Yliopistosairaalat	86 000	25	15
Keskussairaalat	54 000	15	8,0
Aluesairaalat	42 000	12	7,8
Yksityiset klinikat	20 000	5,7	2,5
Yhteensä	349 000	100	8,2

Lastenradiologiset tutkimukset ikäryhmittäin

Koska lapsen koko muuttuu hyvin paljon iän mukana, niin annosmääritystä varten lapset jaotellaan eri ikäryhmiin. Eräs melko yleisesti käytetty ikäryhmäjaottelu on seuraava: <1 kk, 1 - <12 kk, 1 - <5 v, 5 - <10 v ja 10 - <16 v. Myös EU:n eri työryhmät ovat käyttäneet tätä ikäryhmäjaottelua. Toisaalta esim. vertailuannoksia on annettu vain tietyille ikäisille lapsipotilaille (esim. 5-vuotiaille).

Laadun kehittämishankkeet Kätilöopiston sairaalassa ja Lasten ja nuorten sairaalassa

Kätilöopiston sairaalan röntgenosaston toiminnan ominaispiirre on se, että tutkimuksissa käyvistä potilaista/asiakkaista noin 30 % on terveyskeskuslääkäreiden lähettämiä alle 16-vuotiaita lapsia. Tyypillisesti suurin osa pienten lasten tutkimuksista on keuhkojen röntgentutkimuksia. Vanhemmilla lapsilla on luuston tutkimuksia suhteellisesti enemmän.

Röntgenosastolla on käytössä digitaalinen levykuvantamislaitteisto. Myös röntgenlaitteita oli uusittu. Filmi-vahvistuslevyyn verrattuna kuvalevyn on erona, ettei sille taltioidusta kuvasta voi havaita suhteellisen suuriakaan säteilyannoseroja. Järjestelmän dynamiikka annoksen suhteen on suuri. Säteililyannosten ohella kuvan riittävän hyvä laatu on koettu tärkeäksi lasten röntgentutkimuksissa. Kuvan laadun vaihteluista on ajoittain ollut epäilyjä.

Kehittämishankkeessa asetettiin tavoitteeksi yhdessä Säteilyturvakeskuksen kanssa selvittää lapsipotilaiden saamat säteilyannokset, arvioida kuvan laatua sekä kehittää tutkimustekniikka eri ikäisten lasten tutkimuksissa. Saatua tietoa voitaisiin hyödyntää oman työyksikön ohella myös muissa työyksiköissä, joissa kuvataan lapsipotilaita digitaalisella levykuvantamistekniikalla. Tutkimuksiksi valittiin keuhko- ja poskiontelotutkimukset sekä osastothorax. Säteilyannokset mitattiin myös pelvimetriassa sekä myös eräissä muissa aikuisten tutkimuksissa STUKin toiseen) annosmittausmenetelmien kehittämishankkeeseen liittyen (EU:n tutkimusprojekti).

Taulukko II. Lasten röntgentutkimusmäärät Suomessa v. 1995 ikä- ja elinryhmittäin.

Elin-/tutkimusryhmä	alle 1 v	1 - 5 v	5 - 10 v	10 - 16 v	Yhteensä	%
Luusto	5500	31400	74400	124200	235500	67,6
Hengityselimet	26500	26700	20200	20700	94100	27,0
TT	590	1500	1800	5200	9100	2,6
Ruoansulatuselimet	1800	1900	1100	980	5800	1,6
Virtsatiet	980	1200	660	350	3200	0,9
Interventio	160	160	130	260	700	0,2
Angiografia	91	69	34	92	290	0,1
Hermosto	20	32	13	36	100	<0,1
Yhteensä	35640	62900	98300	151800	348500	100

HYKSiin Lasten ja nuorten sairaalan radiologinen osasto on johtava lasten radiologinen yksikkö. Se on eturivissä myös lasten radiologisten tutkimusten kehittämistyössä, kuten meneillään oleva kehittämishanke omalta osaltaan osoittaa. Osastolla on käytössä filmi-vahvistuslevy-yhdistelmät. Tulevia muutoksia ajatellen on oikea ajankohta hankkia tutkittua tietoa nykyisen järjestelmän suorituskyvystä sekä säteilyannoksista. Näitä vertailutasoja voidaan käyttää arvioitaessa tulevana vuosina käytössä olevien kuvantamisjärjestelmien suorituskykyä potilaan säteilyannoksia. Myös tutkimusmenetelmien arviointi ja kehittämistyö vaatii syvällistä tutkimus- ja hoitomenetelmien arviointia ja mittaamista. Hanke palvelee toiminnan kehittämistä ja osaltaan kliinisten laatuksien asettamista.

Säteilyannosten mittaus

Säteilyannokset mitattiin kuvauslaitteistoon asennetulla pinta-ala annosmittarilla sekä määritettiin laskennallisesti säteilyn ilmakerma-mittausten avulla. Potilaiden pienestä koosta johtuen käytetty säteilymäärä ja säteilykeilan koko voi olla hyvinkin pieni. Tämän vuoksi käytettiin osassa mittauksia erikoisherkkää mittaria luotettavan tuloksen varmistamiseksi. Tämän lisäksi haluttiin määrittää potilaan ihoannos eri kuvausprojektioiden osalta. Tätä varten jokaisesta tutkimuksesta tehtiin hyvin yksityiskohtaiset merkinnät kuvaustekniikasta. Annosmittauksia varten suunniteltiin lomake siten, että se voitiin esitää mahdollisimman paljon. Myös potilaan koko, ikä ja tutkimukseen

oleellisesti vaikuttaneet seikat kirjattiin. Säteilyseläilan koon määrittäminen tutkimuksissa on työkiireessä ongelmallista. Koska eri ikäisten lapsipotilaiden koko vaihtelee hyvin paljon, suunniteltiin tutkimusaineisto kattamaan eri ikäryhmät. Lapsipotilaiden ikä ja koko vaikuttaa myös käytettyyn tutkimustekniikkaan eri tutkimuksissa.

Kuvan laadun arviointi

Kuvan laadun arviointi tehtiin samoista tutkimuksista joista säteilyannos mitattiin. Kuvan laadun arviointia varten suunniteltiin. Kätilöopiston sairaalassa kuvan laatua mittaavat tutkimus- ja projektiokohtaiset kyselylomakkeet laadittiin erikseen sekä hoitajille että lääkäreille. Alkutestausten jälkeen osoittautui tarpeelliseksi kirjata ylös tutkimuskohtaiset hyvän kuvan tunnusmerkit ja määrittelimme käsitteet optimaalinen kuva, oikea rajausta sekä tarkka, terävä kuva.

Tuloksia

Lasten ja nuorten sairaalassa annosmittaukset ovat meneillään ja siltä osin voidaan esittää vain alustavia tuloksia. Kätilöopiston sairaalan annosmittaus-tulokset on käsitelty. Yksityiskohtaiset tutkimusta koskevat tulokset tullaan julkaisemaan erillisenä julkaisuna. Tutkimuksen yhteydessä kerättiin runsaasti tietoa myös kuvan laatuun, lasten paikallaan pitämiseen liittyvistä asioista. Kuvan laatuun liittyy myös erillisiä vertailumittauksia eri tekniikoilla. Taulukoissa III ja IV on esitetty ikäryhmittäin eri tutkimuksissa mitatut potilaiden säteilyannokset; pinta-ala annokset (DAP) ja lasketut ihoannokset (ESD).

Röntgenosaston ulkopuolella vastasyntyneille tehdyissä thorax-tutkimuksissa annokset olivat suuremmat kuin röntgenosastolla tehdyissä tutkimuksissa. EU-suositus ihoannoksesta 5-vuotiaan thorax-AP/PA tutkimuksesta on 0,10 mGy ja sivuprojektiossa 0,20 mGy. Vastasyntyneille vastaava suositus thorax AP-projektiossa on 0,08 mGy. Mitatut ja lasketut annokset ovat selvästi alle EU-suosituksen. Kirjallisuudessa on esitetty, että optimiolosuhteissa ja tekniikalla suoritettussa tutkimuksessa annokset iholla voivat olla eri ikäryhmissä (Cook 1998): alle 1 kk 0,02 mGy, alle 1vuotiailla 0,02 mGy, 1 – 5 vuotiailla 0,03 mGy, 5 – 10 vuotiailla 0,04 mGy ja 10 – 16 vuotiailla 0,05 mGy. Pinta-ala

annokset (DAP) vastaavissa thorax-ap projektiossa olisivat: 2, 3, 5, 16 ja 29 mGycm².

Pelvimetriassa mitatut annokset iholla olivat ap-projektiossa keskimäärin 2,0 mGy ja sivuprojektiossa 3,7 mGy. Pinta-ala-annokset (DAP) olivat vastaavasti 537 ja 1251 mGycm².

Taulukko III. Keskimääräiset ihoannokset (ESD) ja pinta-ala annokset (DAP) eri ikäisten lasten keuhkojen röntgentutkimuksissa Kätilöopiston sairaalassa.

Tutkimus ja ikäryhmä	Tutkimus-määrä	Kuvaus-jännite kV	Sähkö-määrä mAs	ESD mGy	DAP mGycm ²
Keuhkot AP/PA					
0 – 1 kk	18	66 - 70	1,6 – 2,5	0,03	2,5
1 - <12 kk	26	70 – 85	1,6 – 3,2	0,03	5,0
1 - <5 v	23	85	1,3 – 2,0	0,02	6,4
5 - <10 v	18	85 - 115	1,1 – 4,6	0,04	19
10 - <16 v	21	115 -129	1,4 – 6,6	0,07	42
osastokuvaus	24	66 – 73	1,6 – 2,0	0,07	7,9
Keuhkot sivu					
0 – 1 kk	18	70	2,0 – 3,2	0,04	3,4
1 - <12 kk	25	70 - 90	2,0 – 2,5	0,05	7,6
1 - <5 v	22	90	2,0 – 2,5	0,04	9,5
5 - <10 v	18	90 - 115	2,0 – 10	0,10	32
10 - <16 v	21	115 - 130	2,0 - 11	0,15	71

Taulukko IV. Keskimääräiset ihoannokset (ESD) ja pinta-ala annokset (DAP) eri ikäisten lasten NSO- ja kitarisaröntgentutkimuksissa.

Tutkimus ja ikäryhmä	Tutkimus-määrä	Kuvaus-jännite kV	Sähkö-määrä mAs	ESD mGy	DAP mGycm ²
NSO kuutamoo					
1 - <5 v	21	80	19 – 25	0,56	43
5 - <10 v	18	80	14 – 25	0,61	46
10 - <16 v	20	80	14 – 25	0,66	60
NSO sivu					
1 - <5 v	18	75	6,4 – 13	0,17	14
5 - <10 v	12	75	6,4 – 12	0,17	23
10 - <16 v	16	75	8,0 – 14	0,21	22
Kitarisa					
1 - <5 v	23	75	6,4 – 16	0,18	16
5 - <10 v	9	75	8,0 – 13	0,18	17
10 - <16 v	5	75	10 – 16	0,23	24

Viitteet

Asetus n:o 423/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä.

Cook JV, Shah K, Pablot S, Kyriou J, Pettett A, Fitzgerald M. Guidelines on best practice in the X-ray imaging of children. A manual for all x-ray departments. Ian Allan Printing (UK) River Dene Estate, Molesey Road, Hersham Surrey KT12 4RG, 1998.

Euroopan Unionin neuvosto 1997. Neuvoston direktiivi 97/43/Euratom henkilöiden terveyden suojelemisesta ionisoivan säteilyn aiheuttamilta vaaroilta lääketieteellisen säteilyaltistuksen yhteydessä. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti No L 180/22 (1997).

European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in pediatrics. EUR 16261 EN. European Commission, Luxembourg 1996.

Heikkilä M, Servomaa A, Parviainen T. Lasten radiologiset tutkimukset: tutkimusmäärät ja annokset. Raportissa: Servomaa A (toim.m). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1998: 132-142.

Jäppinen S, Laine HR, Ojala P, Parviainen T, Räisänen S, Vinnurva-Jussila T. Effect of the digital imaging method on patient dose and image quality in pediatric X-ray examinations. Poster abstract. Imaging Together 2000. The 54th Nordic Radiological Congress. The 14th Nordic Congress for Radiographers. Helsinki 28.-31. May 2000.

Karppinen J. Säteilyannokset digitaalisessa levykuvantamisessa. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1999. STUK-A163. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1999: 34-36.

Komppa T. Säteilyriski röntgentutkimuksissa. Raportissa: Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1998. STUK-A152. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1998:132-142.

Lohva E. Laadunhallinnan kehittäminen Helsingin kaupungin kuvantamisyksikössä. Raportissa: Servomaa A, Parviainen T (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2000. STUK-A174. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 2000: 32-41.

Outinen P. Laatupolitiikka Kätilöopiston sairaalan röntgenosastolla. Raportissa: Servomaa A, Parviainen T (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2000. STUK-A174. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 2000: 42-46.

Outinen P, Parviainen T. Säteilyannokset ja kuvan laadun arviointi lasten röntgentutkimuksissa Kätilöopiston sairaalassa. Radiografia 2000; 4: 26-29.

Parviainen T, Vinnurva-Jussila T, Outinen P, Jäppinen S, Ojala P. Säteilyannokset ja laatu lasten radiologisissa tutkimuksissa. Raportissa: Servomaa A, Parviainen T (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2000. STUK-A174. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 2000: 50-54.

KUINKA UUSIIN SÄTEILYTURVALLISUUS- VAATIMUKSIIN VASTATAAN

Mirja Hirvonen-Kari
HUS, HYKS Röntgen

HUS Röntgen on aloittanut systemaattisen laadunkehittämistyön. Kehittäminen on lähtenyt liikkeelle kahdella tasolla: laadunhallinta johtamisjärjestelmän osana ja osaston laadunvalvontaohjelman rakentaminen. Johtamisjärjestelmän kehittäminen on aloitettu ydinprosessien kuvaamisella ja vastuuhenkilöiden nimeämisellä. HUS Röntgenin johtoryhmä ja jokaisen osaston ylilääkäri ja osastonhoitaja ovat prosessien mallintamisessa mukana. Näin varmistetaan, että organisaation joka tasolla on riittävän yhteinen käsitys niistä prosesseista, jotka asiakkaidemme ja toimintamme tavoitteiden kannalta ovat oleellisia. Tavoitteet on johdettu organisaatiomme visiosta, strategiasta ja arvoista. Pyrimme siihen, että kaikki toimintamme tuo lisäarvoa asiakkaillemme. Lisäksi HUS Röntgeniin on perustettu laatutyöryhmä, joka valmistelee johtoryhmälle laadunhallinnan kehittämissuunnitelman ja toimii myös yhteistyötahona ja ohjeistajana.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen N:o 423 (säteilyn lääketieteellisestä käytöstä) mukaisesti olemme nimittäneet säteilyn käytöstä vastaavat johtajat. Osastotasolla säteilystä vastaa osaston ylilääkäri. Olemme uudistanet omat teknisen laadunvarmistuksen ohjeet vuonna 2000, joihin olemme lisänneet levykuvannan ohjeen. Työn alla ovat vielä tietokonetomografian, toimenpideradiologian, mammografian ja kuvatyöasemien sekä levykuvantaan liittyvien työasemien laadunvarmistusohjeet, jotka valmistuvat vuoden 2001 aikana. Tekninen laadunvarmistus sisältää käyttäjän ja tekniikan keskuksen nimeämän henkilön suorittamia toimenpiteitä. Käyttäjän toimenpiteet on ohjeistettu ja ne sisältävät määrävälein tai tarvittaessa tehtäviä tarkistuksia, jotka kirjataan, raportoidaan ja korjataan. Osaston tekninen laadunvarmistus on kaikkien yhteinen asia ja jokaisen työntekijän tulee se osata siitäkin huolimatta, että osastolle on nimetty teknisestä laadusta vastaavat. Tavoitteena on, että jokaisella röntgenhoitajalla on jokin tutkimushuone vastuualueena, jolloin hän sitoutuu laadunvarmistukseen. Tekniikan keskuksen vuosittain tekemät mittaukset tehdään ST-ohjeiden 3.4 ja 3.5 mukaisesti. Mittausten tuloksista keskustellaan ylilääkärin, osastonhoitajan ja henkilökunnan kanssa

ja tarvittaessa tehdään korjaukset ja asetetaan tavoitetaso seuraava vuotta varten. Keskustelutilaisuus on koulutustilaisuus ja siihen varataan päivä aikaa.

Potilaiden eri tutkimuksista saamat säteilyannokset mitataan. Mittaustulosten perusteella muutetaan tarvittaessa työskentelytapoja. Ennen kaikkea monileike-TT-tutkimusten sädeannoksia tarkkaillaan. Yhteistyö lähettävän lääkärin kanssa on tärkeää, koska kysymyksenasettelua tarkentamalla voidaan kuvauskohde rajata ja säteilyrasitusta vähentää. Lasten tutkimusten annosmittaukset on sekä Kätilöopiston että Lasten ja nuorten sairaalan röntgeneissä tehty. Tehtyjen potilasannosten määritysten perusteella asetetaan tavoitetaso, mihin pyritään diagnostisen tason huonontumatta. Erityisesti siirryttäessä filmivahvistuslevyysysteemistä levykuvantaan potilasannosmittaukset pyritään tekemään ennen siirtymistä ja siirtymisvaiheen jälkeen. Näin varmistetaan, että tarvittavat laitesäädöt tulee toteutettua eikä potilaiden saamat säteilyannokset kasva. Tämä vaatii radiologin, röntgenhoitajan ja laitetoimittajan saumatonta yhteistyötä etsittäessä optimaaliset kuvausarvot kullekin tutkimukselle. Muutama röntgenosastomme on jo aloittanut yleisimpien tutkimustensa potilasannosten mittaamisen ja tavoitteena on, että jokainen röntgenosasto on sen tehnyt vuoden 2002 loppuun mennessä.

HUS Röntgenin jokaisen röntgenosaston tehtävä oli laittaa tutkimushuoneiden tutkimuksia/toimenpiteitä koskevat ohjeet ja käytännöt ajan tasalle vuoden 2000 aikana. Tutkimusten kirjaus on jo vuosia tehty potilastietojärjestelmiin, jolloin potilaan läpivalaisuaika, tutkimus ja tutkimuspaikka on kirjattu. Huonekohtaisten tutkimusohjeiden ja kuvausarvojen avulla pystytään tarvittaessa jälkikäteen selvittämään keskimääräinen potilasannos. Kuinka tarkkaan potilaskohtaiseen kirjaamiseen tulevaisuudessa pitää päästä? Nykyaikainen integroitu RIS (radiologic information system) - PACS (Picture Archiving and Communication System) mahdollistaa automaattisen kuvausarvojen rekisteröinnin. PACS:n avulla saadaan selville potilaan kuvaushistoria ja sitä kautta selvittää potilaskohtainen kumulatiivinen annos.

Henkilökunnan säteilyturvallisuuteen liittyvää koulutusta on järjestetty vuosittain. Vuoden 2001 keväällä tehostettu koulutus kohdistui röntgenhoitajiin. Koulutuksessa käytiin kertauksenomaisesti läpi kuvausarvojen ja levykuvan vaikutusta potilasannokseen, valotusautomaatin toiminta ja potilasannoksen määrittäminen. Koulutus järjestettiin viisi kertaa, jolloin jokaisella

röntgenhoitajalla oli siihen mahdollisuus osallistua ja puolet HUS Röntgenin röntgenhoitajista käyttikin tämän mahdollisuuden hyväksi.

Laadunvalvontaohjelman sisältöä työstää parhaillaan teknisen laadunvalvonnan työryhmä. Laadunvalvontaohjelmamme sisältäne seuraavia osioita:

1. Organisaatiorakenne
2. Johdon vastuu
3. Tekniset laadunvarmistuksen ohjeet
4. Poikkeavan toiminnan tunnistaminen
5. Huonekohtaiset laatutiedostot
6. Sisäisen arviointi
7. Henkilöstö ja koulutus

Kliiniseen auditointiin olemme varautumassa: johtoryhmä perusti kliinisen auditoinnin työryhmän. Työryhmässä on kattava edustus HUSin kuvantamisen toimialueelta. Työryhmä aloittaa työnsä toukokuussa 2001 ja seuraa työsäään kansallista kliinisen auditointiryhmän työtä. Tänä vuonna otamme käyttöön perusterveydenhuollossa "EU:n referral criteria" eli kussakin kliinisessä kysymyksen asettelussa optimaaliset tutkimusprotokollat. Katson, että HUS Röntgen on ottanut ainoan askeleen kohti potilasturvallista työskentelyn kehittämistä ja samalla tulemme täyttämään myös lainsäädännön ja viranomaisohjeiden edellyttämät säteilyn lääketieteellistä käyttöä koskevat määräykset ja ohjeet.

STUK-A-sarjan julkaisuja

STUK-A183 Sinkko K, Ammann M (eds.). RODOS Users' Group: Final project report. Helsinki 2001.

STUK-A182 Mäkeläinen I, Huikuri P, Salonen L, Markkanen M, Arvela H. Talusveden radioaktiivisuus - perusteita laatuvaatimuksille. Helsinki 2001.

STUK-A181 Jalarvo V. Suomalaisten solariuminkäyttö. Helsinki 2000.

STUK-A180 Salomaa S, Mustonen R (eds.). Research activities of STUK 1995 - 1999. Helsinki 2000.

STUK-A179 Salomaa S (ed.). Research projects of STUK 2000 - 2002. Helsinki 2000.

STUK-A178 Rantavaara A, Calmon P, Wendt J, Vetikko V. Model description of the Forest Food Chain and Dose Module FDMF. Helsinki 2001.

STUK-A177 Rantavaara A, Moring M. Puun tuhkan radioaktiivisuus. Helsinki 2001.

STUK-A176 Lindholm C. Stable chromosome aberrations in the reconstruction of radiation doses. Helsinki 2000.

STUK-A175 Annanmäki M, Turtiainen T, Jungclas H, Rausse C. Disposal of radioactive waste arising from water treatment: Recommendations for the EC. Helsinki 2000.

STUK-A174 Servomaa A, Parviainen T (toim). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2000. Koulutuspäivät 24. - 25.2.2000 ja 10. - 11.4.2000. Helsinki 2000.

STUK-A173 Hämäläinen RP, Sinkko K, Lindstedt M, Ammann M, Salo A. Decision analysis interviews on protective actions in Finland supported by the RODOS system. Helsinki 2000.

STUK-A172 Turtiainen T, Kokkonen P, Salonen L. Removal of Radon and Other Natural Radionuclides from Household Water with Domestic Style Granular Activated Carbon Filters. Helsinki 1999.

STUK-A171 Voutilainen A, Mäkeläinen I, Huikuri P, Salonen L, Arvela H. Porakaivoveden radonkartoisto/Radonatlas över borrhunnar/Radon Atlas of wells drilled into bedrock in Finland. Helsinki 1999.

STUK-A170 Saxén R, Koskelainen U, Alatalo M. Transfer of Chernobyl-derived ¹³⁷Cs into fishes in some Finnish lakes. Helsinki 2000.

STUK-A169 Annanmäki M, Turtiainen T (Eds.). Treatment Techniques for Removing Natural Radionuclides from Drinking Water. Helsinki 1999.

STUK-A168 Suomela M, Bergman R, Bunzl K, Jaakkola T, Rahola T, Steinnes E. Effect of industrial pollution on the distribution dynamics of radionuclides in boreal understorey ecosystems (EPORA). Helsinki 1999.

STUK-A167 Thorrying H, Steinnes E, Nikonov V, Rahola T, Rissanen K. A summary of chemical data from the EPORA project. Helsinki 1999.

STUK-A166 Rahola T, Albers B, Bergman R, Bunzl K, Jaakkola T, Nikonov V, Pavlov V, Rissanen K, Schimmack W, Steinnes E, Suomela M, Tillander M, Äyräs M. General characterisation of study area and definition of experimental protocols. Helsinki 1999.

STUK-A165 Ilus E, Puhakainen M, Saxén R. Strontium-90 in the bottom sediments of some Finnish lakes. Helsinki 1999.

STUK-A164 Kosunen A. Metrology and quality of radiation therapy dosimetry of electron, photon and epithermal neutron beams. Helsinki 1999.

STUK-A163 Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1999. Helsinki 1999.

STUK-A162 Arvela H, Rissanen R, Kettunen A-V ja Viljanen M. Kerrostalojen radonkorjaukset. Helsinki 1999.

STUK-A161 Jokela K, Leszczynski D, Paile W, Salomaa S, Puranen L, Hyysalo P. Radiation safety of handheld mobile phones and base stations. Helsinki 1998.

STUK-A160 Voutilainen A, Vesterbacka K, Arvela H. Radonturvallinen rakentaminen - Kysely kuntien viranomaisille. Helsinki 1998.

STUK-A159 Hämäläinen RP, Sinkko K, Lindstedt M, Ammann M, Salo A. RODOS and decision conferencing on early phase protective actions in Finland. Helsinki 1998.

STUK-A158 Auvinen A, Rahu M, Veidebaum T, Tekkel M, Hakulinen T, Salomaa S, Boice JD Jr (eds). Cancer incidence and thyroid disease among Estonian Chernobyl clean-up workers. Helsinki 1998.

STUK-A157 Klemola S, Ilus E, Ikäheimonen TK. Monitoring of radionuclides in the vicinities of Finnish nuclear power plants in 1993 and 1994. Helsinki 1998.

STUK-A156 Eloranta E, Jokela K (toim.). The Eight National Electromagnetics Meeting, August 27, 1998. Extended Abstracts. Helsinki 1998.

STUK-A155 Salomaa S, Eloranta E, Heimbürger H, Jokela K, Järvinen H, (toim.). Säteilyturvakeskuksen tutkimushankkeet 1998 – 2000. Helsinki 1998.

STUK-A154 Puhakainen M, Suomela M. Detection of radionuclides originating from a nuclear power plant in sewage sludge. Helsinki 1998.

STUK-A153 Toivonen H, Honkamaa T, Ilander T, Leppänen A, Nikkinen M, Pöllänen R, Ylätaalo S. Automated high-volume aerosol sampling station for environmental radiation monitoring. Helsinki 1998.

Täydellisen listan STUK-A-sarjan julkaisuista saa

Säteilyturvakeskus
Julkaisutoimikunta/Sihtööri
PL 14
00881 Helsinki
puh. (09) 759 881

Röntgenosasto _____ Tutkimusteline _____
 Röntgentutkimushuone _____ Fokus-tukipintaetäisyys (cm) _____
 Röntgenputki _____ Perussuodatus _____
 Lisäsuodatus 1 _____
 Lisäsuodatus 2 _____
 Tutkimus _____ Ajanjakso _____

Pro- jektio	Potilastiedot					Fokus- iho- etäisyys (cm)	Säteilytystiedot					ESD*) (mGy)	Tarkennus Huomautus Kirjaaja	
	pituus (cm)	paino (kg)	paksuus*) (cm)	ikä (v)	suku- puoli (M/N)		lisäsuodatus		putki- jännite (kV)	virta-aika- tulo (mAs)	virta (mA)			aika (ms)
							1	2						

*) Kirjataan lomakkeelle vasta kun annoksia lasketaan

Kuva 2c. Esimerkki tiedonkeruulomakkeesta pinta-annosten laskentaa varten.

Taulukko I. Jatkuu.

*diagnostinen hyväksyttävyys täysin ehkä hyväksyttävä hyväksyttävä rajoitetussa määrin ei hyväksyttävä								
Kommentit								
Keuhkot/	sädeannos	Tanska	Suomi	Islanti	Norja	Ruotsi	keski-arvo	EU ref.
yleistutkimus (indik:keuhkometast.epäily)	CTDIw (mGy)	11	11	12	11	11	11	30
Visualisointumisen	DLP(mGy.cm)	422	528	443	353	354	420	650
	E (mSv)	7,2	9,0	7,5	6.0	6.0	7,1	
1. koko rintakehän seinämä								
2. koko thorakaaliaorta ja vena cava								
3. koko sydän								
4. koko keuhkoparenkyyymi								
5. suonet iv-varjoaineen jälkeen		91 %	98 %	88 %	98 %	95 %		
Kriittinen reproduktio, visuaalisesti terävä ..								
1.thorakaali aorta								
2.anterioriset mediast.rak.myös thymus								
3.trachea ja pääbronchukset								
4.paratracheaalinen kudos								
5.carina ja imusolmukealueet								
6.oesophagus								
7.pleuro-mediastinaalinen raja								

