

# Terveyskeskusten työasemanäytöt riittämättömiä röntgendiagnostiikkaan

**TAUSTA:** Työasemanäyttöjen laatu ja kuvankatseluolosuhteet vaikuttavat merkittävästi digitaalisesta röntgenkuvasta erottuvan informaation määrään. Terveyskeskuksissa kuvankatseluun käytettyjen näyttöjen laatuun todellisissa katseluolosuhteissa ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota.

**AINEISTO JA MENETELMÄT:** Tässä tutkimuksessa selvitettiin OYS:n erityisvastuualueen 91 terveyskeskuslääkäriltä radiologisten kuvien katselukäytäntöä ja näyttöjen ominaisuuksia sekä mitattiin 23 näytön suorituskyky kymmenessä terveyskeskuksessa.

**TULOKSET:** Terveyskeskuksissa oli käytössä pääosin (73 %) alle kahden megapikselin toimistokäyttöön tarkoitettuja LCD-värinäyttöjä. Näyttöjen suorituskyky ei vastannut suosituksia. Erityisesti näyttöjen valovoimaominaisuudet osoittautuivat puutteelliseksi. Kuvankatselutilojen valaistus oli häiritsevän voimakasta, mikä aiheutti röntgenkuvan tulkintaa haittaavia heijastuksia näytölle. Röntgentutkimuksista 60 % jää ilman radiologin lausuntoa. Vain pieni osa (6 %) lääkäreistä valvoi itse näyttönsä laatua.

**PÄÄTELMÄT:** Näyttöjen suorituskyky osoittautui enimmäkseen riittämättömäksi röntgenkuvien katseluun. Radiologisten kuvien työasemakatseluun olisi saatavissa parannusta, mikäli terveyskeskukset panostaisivat riittävän laadukkaiden näyttöjen hankintaan, valaistussuunnitteluun ja näyttöjen laadunvalvontaan.

**Tietokonetomografia** aloitti 1970-luvun lopulla radiologian digitalisoitumisen. Digitaaliset kuvantamismenetelmät, kuten tietokonetomografia ja magneettikuvaus johtavat helposti ajattelemaan, että ”digitaalisuus” itsessään johtaa parempaan diagnostiseen laatuun. Digitaalinen tekniikka tuo kuitenkin mukanaan ketjun haavoittuvia sähköisiä järjestelmiä, esimerkiksi kuvauslaitteiden elektroniikka, digitaaliset arkistojärjestelmät ja kuvatyöasemat tietokoneineen, näyttönohjaimineen ja näyttöineen. Näistä kenties vähimmälle huomiolle ovat jääneet kuvatyöasemien näytöt.

Filmin aikakaudella kehitysprosessin säännöllinen laadunvalvonta takasi sen, että kuva näkyi optimaalisesti myös tutkimuksen pyytäneen lääkärin valotaululla. Nykyisin laitevalinnoista vastaavilla henkilöillä ei ole välttämättä käsitystä röntgendiagnostiikan näytöille asettamista erikoisvaatimuksista. Jos tutkimusta pyytävä lääkäri saa röntgentutkimuksesta radiologin lausunnon, ei klinikon näytölle tarvitse asettaa yhtä suuria laatuvaatimuksia kuin jos radiologin lausuntoa ei ole käytettävissä. Jälkimmäisessä tilanteessa näytön tulisi täyttää diagnostisille näytöille asetetut vaatimukset (Samei ym. 2005). Terveyskeskuksissa alustavan radiologisen diagnoosin röntgenkuvista antaa yleensä terveyskeskuslääkäri (Parviainen 1999). Radiologin lausunto saadaan vain osaan röntgentutkimuksista ja sekin vasta useiden päivien tai jopa viikkojen viiveellä. Joissakin terveyskeskuksissa konsultaatioaste saattaa olla jopa alle 5 % (Paakkala ym. 1999).

Lääketieteellisen röntgentoiminnan laadunvarmistuksesta on säädökset säteilylaissa (592/9) ja säteilyn lääketieteellisestä käytöstä annetussa sosiaali- ja terveysministeriön



Jukkapekka Jousimaan pääkirjoitus: Terveystieteiden teknologia monimutkaistuu – muistetaanko myös perusvälineistöistä huolehtia? s. 598.

asetuksessa (423/2000). Asetuksen mukaan röntgentoiminnan harjoittaja, esimerkiksi terveyskeskus, on velvollinen toteuttamaan suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet sen varmistamiseksi, että säteilylähteet sekä niihin liittyvät laitteet ja välineet ovat kunnossa ja että niiden käyttöä koskevat ohjeet ja menettelyt ovat asianmukaiset. Kansalliset ohjeet näyttöjen laadunvalvonnasta on julkaistu vuoden 2008 lopulla (Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas 2008).

Jos röntgenkuvien katseluun käytettävä näyttö ei täytä vaatimuksia tai sitä käytetään huonoissa olosuhteissa, jää laissa asetettu vaatimus toteutumatta. Tällöin kuvantamisketjun muu mahdollisesti laadukas toiminta on vaarassa mitätöityä ja seurauksena voi olla jopa potilasturvallisuuden vaarantuminen. Koska röntgenkuvalla on edelleen keskeinen rooli diagnostiikassa, tulisi radiologista diagnostiikkaa tehdä hyvissä kuvankatseluolosuhteissa suorituskyyvltään riittävältä näytöiltä. Ennen tätä tutkimusta ei ole ollut tiedossa, minkälaisissa olosuhteissa ja minkälaisia näyttöjä terveyskeskuksissa röntgenkuvien katselemiseen käytetään ja miten näyttöjen laadunvalvontaa toteutetaan.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli 1) selvittää kyselyllä, millainen on terveyskeskuslääkäreiden käytössä oleva näyttölaitetekanta, kuinka usein käytössä on radiologin lausunto, miten näyttöjen laadunvalvonta on järjestetty ja minkälaisia kokemuksia terveyskeskuslääkäreillä on röntgenkuvien katselusta näytöiltä, 2) mitata terveyskeskusten käytössä olevien näyttöjen suorituskyyky, ja 3) havainnoida kuvankatseluolosuhteita. Tavoitteena oli antaa suosituksia kuvatyöasemanäyttöjen ja kuvankatseluolosuhteiden laadun sekä laadunvalvonnan kehittämiseksi terveyskeskuksissa.

## Aineisto ja menetelmät

Tutkimus on kvantitatiivinen, kartoittava ja kuvaileva poikittaistutkimus, jossa syksyn 2006 ja kevään 2007 välisenä aikana kerättiin tietoa kyselylomakkeella, mittauksin sekä tekemällä havainnot OYS:n erityisvastuualueen terveyskeskusten kuvatyöasemanäyttöistä ja kuvankatseluympäristöistä. Alueen 52 terveyskeskuksesta tutkimuksen piiriin valittiin 24.

**SÄHKÖINEN KYSELY** lähetettiin 186 terveyskeskuslääkärille. Sillä selvitettiin terveyskeskuslääkäreiden käytössä oleva näyttölaitetekanta, radiologin lausunnon saatavuus, näyttöihin kohdistuva laadunvalvonta sekä terveyskeskuslääkäreiden kokemukset kuvankatseluympäristön ja näyttöjen laadusta. Lisäksi kyselyn yhteydessä pyydettiin vastaajaa tekemään näytölle yksinkertainen harmaasävytesti. Sen tuloksia hyödynnettiin valittaessa terveyskeskukset varsinaiseen suorituskyykymittaukseen.

**NÄYTTÖJEN SUORITUSKYKY** mitattiin todellisissa kuvankatseluolosuhteissa. Mitattavien näyttöjen valintaan vaikutti lääkärin näytölle tekemän harmaasävytestin tulos. Otokseen valittiin erilaisia testituloksia saaneita näyttöjä eri paikkakunnilta. Kymmenessä terveyskeskuksessa mitattiin yhteensä 23 klinikon näyttöä eri työhuoneissa. Mittausohjelma ja mittausvälineiden valinta perustui soveltaen American Association of Physicists in Medicine (AAPM) vuonna 2005 julkaistuihin, kansainvälisesti käytössä oleviin suosituksiin (Samei ym. 2005). Tarkasteltavan ominaisuuden mukaan näyttöjen suorituskyykyä arvioitiin sekä silmämääräisesti testikuvista että mittamalla (KUVA 1). Testikuvien tarkasteluun käytettiin yleensä terveyskeskuksen omaa kuvankatseluohjelmaa. Käytetyt testikuvat ovat AAPM:n julkaisemia ja julkiseen käyttöön tarkoitettuja ([www.aapm.org/pubs/reports/OR\\_03\\_Supplemental/](http://www.aapm.org/pubs/reports/OR_03_Supplemental/)).

Heijastuksia arvioitiin sammutetulta näytöltä silmämääräisesti sekä mittaamalla normaalissa työskentelyvalaistuksessa sammutetun näytön etupinnasta heijastuvan valon voimakkuus ( $L_{amb}$ ) eli luminanssi (yksikkö kandela neliömetrillä,  $cd/m^2$ ) teleskoopisella luminanssimittarilla (Konica Minolta LS-110, Japani) (KUVA 1A). Näytön valovoimaominaisuudet mitattiin 18:sta eri testikuvasta, jotka kattoivat harmaasävyt mustasta valkoiseen. Näistä mittauksista määritettiin näytön maksimi- ja minimivalovoima, näiden suhde ympäristön valaistus huomioiden sekä luminanssivaste, joka kuvaa perättäisten harmaasävyjen suhteellista eroa suhteutettuna ihmissilmälle optimaaliseen sävyjenerotuskyykyyn. Näytön taustavalon tasaisuus mitattiin samalla mittarilla näytön kuva-alan keskeltä ja kulmista.

Näytön kontrastikynnys arvioitiin silmämääräisesti pisteyttämällä testikuvassa näkyvät kohteet työvalaistuksessa ja himmennetyssä huoneessa. Näytön erotuskyyky arvioitiin tarkastelemalla silmämääräisesti pieniä yksityiskohtia ja viivapareja. Geometriset vääristymät eli vääristymät näytöllä esitettävän kuvan mittasuhteissa arvioitiin mittaamalla viivoittimella testikuvan neliöiden sivujen pituudet ja laskemalla prosenttinen poikkeama mittasuhteissa. Silmämääräisesti arvioitiin testikuvista näytön pikseleiden sähköinen kohina, näyttöruudun värin tasaisuus ja valon leviäminen näyttöruudulla eli huntuloiste.

Koska näytön käyttötarkoitus määrää sille asetettavan vaatimustason, ovat suorituskyyvyn hyväksyttä-



**KUVA 1. A)** Näytön suorituskyvyn mittaaminen teleskooppisella valomittarilla. Mittariin on liitetty suojaputki ympäröivän valon vaikutuksen ehkäisemiseksi. **B)** Kuvankatselutilan valaistusvoimakkuuden määrittäminen valomittarilla. Näytön keskiosassa olevan mittarin anturi osoittaa kuvankatselutilaa kohti.

vyysrajat erilaiset diagnostiikassa käytettäville (nk. primaariset näytöt) ja klinisiin tarkoituksiin käytettäville näytöille (nk. sekundaariset näytöt) (Samei ym. 2005, Terveystieteiden tutkimuskeskuksen laadunvalvontaopas 2008). Primaarisilla näytöillä tehdään radiologian diagnostiikkaa, ja niihin luetaan myös terveyskeskuslääkärien röntgenkuvien tulkintaan käyttämät näytöt, ellei radiologin lausuntoa ole käytettävissä. Sekundaarisiin näyttöihin kuuluvat ne, joita käytetään röntgenkuvien katseluun klinisessä työssä tai muussa tarkoituksessa kuin varsinaisessa

röntgendiagnostiikassa. Koska terveyskeskuksissa näytöt voivat tilanteen mukaan palvella niin primaari- kuin sekundaarinäyttöinä, on niiden suorituskykyä syytä verrata molempien näyttöluokkien hyväksyttävyyssrajoin.

**KUVANKATSELUOLOSUHTEIDEN ARVIOINTI.** Kuvankatselutilan valaistusvoimakkuus (yksikkö lux, lx) mitattiin sammutetun näytön etupinnalta yleisfotometrillä (Hagner Universal photometer, Ruotsi) (**KUVA 1B**). Kuvankatselutilan valaistusta havainnoidaan mittauksen yhteydessä strukturoidun lomakkeen mukaisesti. Kuvankatselutilassa kiinnitettiin huomiota ikkunoitten ja röntgenvalotaulun sijaintiin näyttöön nähden, seinäpintojen aiheuttamiin heijastuksiin sekä valaistuksen sijaintiin ja säädettävyyteen. Kuvankatselutilat valokuvattiin myöhempää tarkastelua varten.

### Tulokset

**Kysely.** Laitekantaa selvitettiin sähköisellä kyselyllä, johon vastasi 91 lääkäriä (vastausosuus 49 %). Kyselyllä saatiin tiedot 84 näytön ominaisuuksista. Vastanneista 64:llä (76 %) oli käytössään värinestekidenäyttöjä (LCD), 19:llä (23 %) kuvaputkivärinäyttöjä (CRT) ja yhdellä (1 %) kuvaputkiharmaasävyinäyttö. Näytöistä 81 (96 %) oli ominais-tarkkuudeltaan alle kahden megapikselin (alle 1 200 x 1 600 pikseliä). Kahden megapikselin näyttöjä oli kolme (4 %). Kolmetoista CRT-näyttöä olivat keskimäärin 3,7 vuoden ikäisiä (keskihajonta 2,3 v, vaihteluväli 0–8 v). Viidenkymmenen LCD-näytön keskimääräinen ikä oli 1,8 vuotta (keskihajonta 1,1 v, vaihteluväli 0–5 v).

Vastaajien arvioiden mukaan radiologin lausunto oli käytettävissä keskimäärin 39 %:ssa röntgentutkimuksista (keskihajonta 32 %, vaihteluväli 1–100 %).

Kuvankatseluympäristön koki erittäin hyväksi tai hyväksi 27 vastaajaa (30 %), huonoksi 22 (24 %), ja 41 vastaajan (46 %) mielestä ympäristö ei ollut hyvä eikä huono. Yksikään ei pitänyt ympäristöä erittäin huonona. Näytöllä näkyvän röntgenkuvan laatua piti erittäin hyvänä tai hyvänä 50 vastaajaa (55 %) ja huonona kahdeksan (9 %), ja 32:n (36 %) mielestä laatu ei ollut hyvä eikä huono. Yksikään vastaajista ei pitänyt röntgenkuvan laatua näytöllä erittäin huonona.

Vastaajista 74 (82 %) ei osannut sanoa,

onko näytössä laadunvalvontaohjelmistoa. Kymmenen vastaajan (11 %) mukaan ohjelmistoa ei ole, ja kuusi (7 %) vastasi, että ohjelmisto on käytössä. Vastaajista 85 (94 %) ei tehnyt näytölle itse laadunvalvontatoimenpiteitä ja viisi (6 %) kertoi tekevänsä niitä katsomalla testikuvaa säännöllisesti tai ajoittain. Vastaajista 69 (77 %) ei tiennyt, tekevätkö muut näytölle laadunvalvontatoimenpiteitä, 18 (20 %) ilmoitti toimenpiteitä tehtävän ja kolmen (3 %) mukaan niitä ei tehdä.

**Näyttöjen suorituskyky.** Heijastuksia havaittiin normaaleissa katseluolosuhteissa kaikissa tarkastelluissa näytöissä. Sammutetun näytön etupinnasta erottui suoria valonlähteitä 50 %:ssa CRT-näytöistä ja 59 %:ssa LCD-näytöistä. Suurikontrastisia kohteita erottui kaikissa CRT-näytöissä ja 53 %:ssa LCD-näytöistä. Suositusten mukaan heijastuksia ei saisi näkyä näytön pinnalta lainkaan.

Sammutetun näytön etupinnasta heijastuvan valon voimakkuus oli merkittävän voimakasta verrattuna näytön minimivalovoimaan (TAULUKKO 1). Maksimivalovoima ylitti LCD-näytöissä useimmiten diagnostisilta näytöiltä edellytetyn kynnyсарvon. CRT-näyttöjen

maksimivalovoima ylsi enintään sekundaarinäyttöjen vaatimustasoon. Luminanssisuhde oli lähes poikkeuksetta liian pieni jopa sekundaarinäytölle (TAULUKOT 2 ja 3). Näyttöjen luminanssivasteessa oli merkittäviä poikkeamia, eikä yksikään näyttö täyttänyt tämän suhteen edes sekundaarinäytölle asetettuja vaatimuksia (KUVAT 2A ja 2B). Valovoiman tasaisuus ylsi kliinisiltä näytöiltä vaadittavaan tasoon 52 %:ssa näytöistä. Etenkin LCD-näyttöjen tasaisuudessa oli puutteita (TAULUKKO 1).

Kontrastikynnys normaalissa katseluvalaistuksessa poikkesi pimennetyssä katseluolosuhteessa havaitusta 24 %:ssa LCD-näytöistä ja 50 %:ssa CRT-näytöistä. Suositusten mukaan kontrastikynnys ei saisi olla erilainen näissä valaistusolosuhteissa.

Silmämääräisessä erotuskykytestissä 82 % LCD-näytöistä suoriutui primaarinäytöiltä edellytettävällä tavalla mutta CRT-näytöissä erotuskyvyn puutteita esiintyi useammin (TAULUKOT 2 ja 3). Erotuskykytestiä tehtäessä havaittiin kolmen LCD- ja kahden CRT-työaseman katselinohjelmistossa vikatoiminto, jossa ohjelmisto interpoloi virheellisesti vierekkäisiä harmaasävyjä. Näissä tapauksissa

**TAULUKKO 1.** Testitulokset kuudesta kuvaputkivärinäytöstä (CRT) ja 17 värinestekidenäytöstä sekä American Association of Physicists in Medicinen (AAPM) suositusten kynnyсарvot.

Mittaus	Keskiarvo		Keskiahajonta		Vaihteluväli		Primaaristen näyttöjen kynnyсарvo	Sekundaaristen näyttöjen kynnyсарvo
	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD		
Näytön heijastusominaisuudet ( $L_{amb}$ , cd/m <sup>2</sup> )	4,3	4,1	3,1	2,3	0,4–8,2	0,04–8,0	$1,5 \times L_{amb} \leq L_{min}^*$	$1,5 \times L_{amb} \leq L_{min}^*$
Maksimivalovoima ( $L_{max}$ , cd/m <sup>2</sup> )	92,3	177,3	16,5	52,2	80,2–118,3	80,4–252,8	≥170	≥100
Luminanssisuhde	47,6	74,7	58,0	124,3	10,3–160,5	15,4–549,3	≥250	≥100
Taustavalon tasaisuus (%)	29,1	42,2	21,2	23,2	11,3–66,7	7,5–94,7	≤30	≤30
Erotuskyky (asteikko 0–9)	4,8	2,6	2,8	2,7	0–8	0–8	≤4	≤6
Kohina	2*	2*	0,4	0,9	2–3	1–4	3/4 kohdetta erotetaan	2/4 kohdetta erotetaan
Huntuloiste	0**	0**	1,2	1,5	0–3	0–4	≥3 kohdetta erotetaan molemmissa testikuvissa	≥1 kohdetta erotetaan molemmissa testikuvissa
Geometriset vääristymät (%)	3,1	1,6	2,3	2,9	0,6–7,2	0,0–8,0	≤2	≤5

\*Mitatun heijastusarvon ( $L_{amb}$ ) on oltava pienempi tai yhtä suuri kuin näytön minimikirkkaus, \*\*Mediaani

**TAULUKKO 2.** Testattujen kuuden kuvaputkiväri­näytön suorituskyky. Taulukossa esitetään näyttöjen suorituskykyominaisuudet radiologiseen primaaridiagnostiikkaan tai sekundaariseen diagnostiikkaan vaadittavien kriteerien täyttymisen suhteen.

Testi	Primaari- diagnostiikkaan hyväksyttävät	Sekundaari- diagnostiikkaan hyväksyttävät	Suorituskyky- kriteerit eivät täyty
	n	n	n
Näytön heijastusominaisuudet (L <sub>amb</sub> )	0	0	6
Heijastukset <sup>1</sup>	0	–	6
Maksimaalinen valovoima	0	2	4
Kirkkaimman ja tummimman sävyn välinen suhde	0	1	5
Luminanssivaste	0	0	6
Taustavalon tasaisuus <sup>2</sup>	4	0	2
Erotuskyky (testi 1) <sup>3</sup>	4	1	1
Erotuskyky (testi 2) <sup>1,4</sup>	4	–	2
Kohina	1	5	0
Väritasaisuus <sup>1</sup>	5	–	0
Huntuloiste	1	0	5
Geometriset vääristymät	4	2	0

<sup>1</sup>Sekundaaristen näyttöjen kynnysarvoa ei ole määritelty

<sup>2</sup>UNL10- ja UNL80-testikuvien heikoin tulos

<sup>3</sup>CX-kuviot

<sup>4</sup>Viivaparit

**TAULUKKO 3.** Testattujen 17 nestekideväri­näytön suorituskyky. Taulukossa esitetään näyttöjen suorituskykyominaisuudet radiologiseen primaaridiagnostiikkaan tai sekundaariseen diagnostiikkaan vaadittavien kriteerien täyttymisen suhteen.

Testi	Primaari- diagnostiikkaan hyväksyttävät		Sekundaari- diagnostiikkaan hyväksyttävät		Suorituskyky- kriteerit eivät täyty	
	n	%	n	%	n	%
Näytön heijastusominaisuudet (L <sub>amb</sub> )	1	6	0	0	16	94
Heijastukset <sup>1</sup>	0	0	–	–	17	100
Maksimaalinen valovoima	11	65	3	18	3	17
Kirkkaimman ja tummimman sävyn välinen suhde	1	6	0	0	16	94
Luminanssivaste	0	0	0	0	17	100
Taustavalon tasaisuus <sup>2</sup>	7	41	0	0	10	59
Erotuskyky (testi 1) <sup>3</sup>	14	82	0	0	3	18
Erotuskyky (testi 2) <sup>1,4</sup>	9	53	–	–	8	47
Kohina	4	24	9	53	4	23
Väritasaisuus <sup>1</sup>	17	100	–	–	0	0
Huntuloiste	3	18	3	17	11	65
Geometriset vääristymät	14	82	0	0	3	18

<sup>1</sup>Sekundaaristen näyttöjen kynnysarvoa ei ole määritelty

<sup>2</sup>UNL80- ja UNL10-testikuvien heikoin tulos

<sup>3</sup>CX-kuviot

<sup>4</sup>Viivaparit

käytettiin testin tekoon erillistä katselinohjelmistoa. Pysty- ja vaakasuuntaisen erotuskyvyn eroa mittaavassa viivaparitestissä havaittiin eroja viivaparien paksuudessa vaaka- ja pystysuunnassa 47 %:ssa LCD-näyttöistä ja 33 %:ssa CRT-näyttöistä. Suositusten mukaan eroja ei saisi havaita primaarinäytöissä mutta sekundaarinäytöille ei ole asetettu vaatimuksia tämän ominaisuuden suhteen.

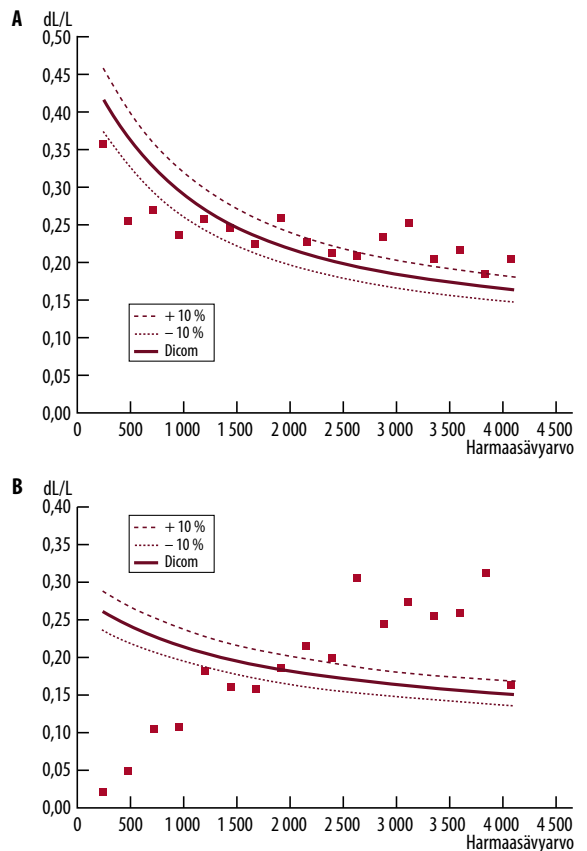
Kohinatestin osalta 66 % kaikista näytöistä ylsi vähintään sekundaarinäytöiltä vaadittavaan suorituskykyyn (TAULUKKO 2 ja 3). Primaaritasoon ylsi 17 % näytöistä. Väritasaisuudessa ei havaittu merkittäviä puutteita yhdessäkään tutkituista näytöistä. Huntuloistestissä 55 % näytöistä jäi alle primaari- ja sekundaarinäytöiltä vaadittujen tasojen. Huntuloiste oli ongelmana useammin CRT- kuin LCD-näytöissä. Geometrisia vääristymiä havaittiin harvoin, ja hyväksyttävyyssrajojen ulkopuolelle jäi 18 % LCD-näyttöistä mutta ei yhtään CRT-näyttöä. Ongelmat geometrisissa vääristymissä johtuivat vääristä näyttöasetuksista.

**Kuvankatseluolosuhteiden arviointi.** Kuvankatseluympäristön valaistusvoimakkuus oli terveyskeskusten työskentelytiloissa keskimäärin 326 luksia (keskihajonta 157 lx, vaihteluväli 3–600 lx). Suosituksissa ei ole annettu kynnysarvoa kuvankatseluympäristön valaistusvoimakkuudelle, koska valaistuksen vaatimukset riippuvat käytetystä näytöstä.

Seinien väri oli vaalea kaikissa 23 huoneessa ja kolmessa seinät heijastivat valoa näytölle. Kymmenessä huoneessa oli käytössä valotaulu, joista kaksi sijaitti näytön sivulla, kolme näytön takana ja viisi katsojan takana. Kaikissa huoneissa oli loisteputkivalaisimet katon keskiosassa. Yhteen näyttöön tuli suoraa heijastusta ikkunoista ja seitsemään kattovalaisimista. Käden ulottuvilla olevaa valaistuksen säädintä ei ollut yhdessäkään huoneessa.

## Pohdinta

Tutkimuksen kohteena olleissa terveyskeskuksissa röntgenkuvien katseluun tarkoitettujen näyttöjen laatu, kuvankatseluolosuhteet ja laadunvalvonta eivät vastanneet suosituksia.



**KUVA 2.** Luminanssivasteen eli perättäisten harmaasävyjen suhteellinen intensiteettiero (punaiset neliöt) tutkituista näytöistä parhaiten (A) ja heikoimmin (B) suoriutuneen näytön välillä. Optimaalisen luminanssivasteen käyrä on esitetty jatkuvalla viivalla ja 10 %:n sallittu poikkeama katkoviivoilla. Dicom (Digital Imaging and Communications in Medicine) = lääketieteellisen digitaalisen kuvantamisen tarpeisiin kehitetty standardi.

Näytöt olivat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta toimistokäyttöön tarkoitettuja värinäyttöjä. Yleisimmin käytössä oli suhteellisen uusia LCD-näyttöjä, mutta myös vanhentuvaa CRT-näyttötekniikkaa oli hankittu vielä lähiaikoina. Tutkimusten mukaan LCD-näytöt ovat suorituskyvyiltään CRT-näyttöjä parempia ja harmaasävy-näytöt värinäyttöjä parempia röntgenkuvien katselussa (Krupinski ym. 2004, Park ym. 2008, Samei ym. 2008). Koska tässä tutkimuksessa tehdyn kyselyn mukaan terveyskeskuslääkäri saa radiologin lausunnon vain noin 40 %:ssa röntgentutkimuksista, on 60 % kuvankatselusta näytöltä diagnostista suorituskykyä edellyttävää primaaridiagnostiikkaa.

Kuvankatseluympäristön koki huonoksi noin neljännes kyselyyn vastanneista ja näytön noin 8 %. Mittauksissa taas havaittiin selkeitä puutteita sekä näytöissä että kuvankatseluolosuhteissa, joten kyselyn tulokset ovat mittaus-ten kanssa ristiriidassa. Tämän selittää yleinen tietämättömyys kuvankatseluolosuhteille ja näytöille asetettavista vaatimuksista.

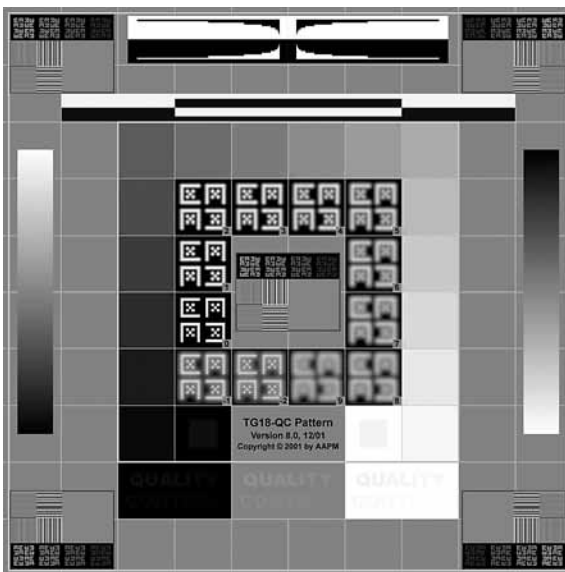
Kyselyn mukaan näytöille ei tehdä laadunvalvontatoimenpiteitä ja omaehtoinen laadunvalvonta on hyvin vähäistä. Säännöllisellä laadunvalvonnalla voidaan tunnistaa näytöt ja olosuhteet, joissa kuvien katsominen ei ole optimaalista. Hyvänä käytäntönä voidaan pitää testikuvan pikaista tarkastelua vähintään viikoittain (Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas 2008). Parhaiten arviointi onnistuu tarkastelemalla radiologisella kuvankatseluohjelmistolla arkistojärjestelmään tai tietokoneelle tallennettua testikuvaa (esim. TG18-QC) (KUVA 3). Suomen Radiologiyhdistys on julkaissut Internet-pohjaisen

työvälineen sekundaaristen näyttöjen laadunvalvontaan ([www.sry.fi](http://www.sry.fi)).

Näyttöjen laatua on syytä valvoa säännöllisesti. LCD-näyttöjen taustavalona toimivat loisteputket menettävät tehoaan ajan mittaan, ja valovoiman heikkeneminen edellyttää usein näytön uudelleen kalibroitua. LCD-näyttötekniikan tuoreuden vuoksi tutkimustietoa näyttöjen kestävydestä on vähän, mutta diagnostisten CRT-näyttöjen on arvioitu säilyttävän laatunsa noin neljä vuotta, jonka jälkeen noin puolet näytöistä ei täytä diagnostisen tason vaatimuksia (Groth ym. 2001).

Tässä tutkimuksessa yksikään mitatuista näytöistä ei saavuttanut kaikkien mitattavien ominaisuuksien osalta edes sekundaarisille näytöille asetettuja vaatimuksia. Mittauksissa korostuivat erityisesti näyttöjen riittämättömät valovoimaominaisuudet suhteessa katseluolosuhteisiin. Vaikka näytön maksimikirkkaus oli usein riittävä, luminanssisuhteude oli huono ympäristön valaistuksen vuoksi. Harmaasävyjen toistossa eli luminanssivasteessa oli puutteita, sillä näytöille ei ollut tehty röntgenkuvien katseluun vaadittavaa harmaasävykalibroitua (Barten 1999). Erotuskyky oli CRT-näytöissä heikompi kuin LCD-näytöissä. Tämä johtui CRT-tekniikalle ominaisesta valon leviämisestä lasissa ja näytön pinnassa olevan loisteaineen ominaisuuksien heikkenemisestä ajan mittaan. Vähemmän puutteita oli näyttöjen geometria-, kohina- ja väritasaisuusominaisuuksissa.

Ympäristön valoisuusominaisuudet, kuten suorat valonlähteet ja ympäröivän valon heijastukset huoneen pinnoista, heikentävät harmaasävyjen erottumista näytöltä (Fuchsjaeger ym. 2003, Harisinghani ym. 2004). Tutkittujen huoneiden valaistus oli yleensä voimakasta, mikä aiheutti näytöille kuvankatselua haittaavia heijastuksia. Sama syy heikensi kontrastikynnysmittauksien tuloksia. Kontrastikynnystä ei kyetty arvioimaan neljässä LCD-näytössä ja kolmessa CRT-näytössä, koska normaalivalaistuksessa testikuva ei erottunut lainkaan näytöltä. Yhdessäkään työpisteessä ei ollut heijastuksia vähentäviä pintoja (esim. harmaita seinä) eikä käden ulottuvilla olevaa mahdollisuutta säätää valaistusta vähemmäksi



**KUVA 3.** TG18-QC-testikuva. Kuvasta voidaan arvioida silmämääräisesti näytön laatuun liittyviä tekijöitä, kuten harmaasävyjen suhteelliset intensiteettierot sekä harmaasävyjen määrä ja resoluutio. Peruskriteerinä voidaan pitää sitä, että "TG18-QC Pattern" -tekstin molemmilla puolilla olevien neliöiden sisällä olevat pienemmät neliöt erottuvat taustastaan. Kuva on ladattavissa Internetistä osoitteesta <http://deckard.duhs.duke.edu/~samei/tg18.htm>.

kuvankatselun ajaksi. Tästä huolimatta 30 % kyselyyn vastanneista piti kuvankatseluolosuhteita hyvinä. Terveyskeskuksissa valoa tarvitaan potilaita tutkittaessa, joten huoneiden himmentäminen ei ole aina järkevää. Tämä aiheuttaa ongelmia röntgenkuvien katselussa, koska erityisesti suorituskyvyltään heikko näyttö edellyttää huomattavasti himmennettyä katselutilaa. Vaatimukset kuvankatselu-ympäristön valoisuudesta riippuvat tarkasteltavista kuvista ja näyttöjen suorituskyvystä (Brennan ym. 2007, Chawla ja Samei 2007). Mitä kirkkaampi on kuvankatselu-ympäristö, sitä suurempi maksimikirkkaus vaaditaan näytöltä. Kun näytön maksimivalovoima on yli 330 cd/m<sup>2</sup>, vähenee kuvankatselu-ympäristön valaistustason vaikutus harmaasävyjen erottumiseen (Muramoto ym. 2006). Tässä tutkimuksessa yksikään näyttö ei kuitenkaan yltänyt tähän maksimikirkkaustasoon.

Tutkituissa terveyskeskuksissa filmin ja valotaulun tarjoamasta kuvanlaadusta on menetetty paljon digitaalisiin röntgenkuviin siirtymisen myötä. Tilanteen korjaamiseksi tulisi panostaa valaistusolosuhteisiin, näyttöjen laatuun ja säännölliseen laadunvalvontaan. Valaistusolosuhteita voidaan parantaa mm. muuttamalla näyttöjen ja valaisimien asettelua siten, ettei näytöille tulisi heijastuksia. Huoneen valaistuksen säätäminen olisi tehtävä helpoksi esimerkiksi asentamalla työpöydälle portaaton valaistuksen säädin. Näyttöjen hankinnoissa tulisi huomioida terveyskeskusten tutkimushuoneiden kirkas valaistus ja hankkia radiologiseen kuvankatseluun soveltuvat, riittävän kirkkaat harmaasävykalibroidut näytöt. Tämä koskee erityisesti yksiköitä, joissa röntgenkuvat jäävät ilman radiologin lausuntoa. Kliinikoille riittävät 1,3 megapikselin röntgenkuvien katseluun tarkoitettut kalibroidut LCD-väri näyttöt maksavat noin 600 euroa, mikä on pieni investointi hyötyyn suhteutettuna. Erotuskyvyiltään parempien, riittävän valovoiman omaavien kahden megapikselin kalibroittujen LCD-väri näyttöjen hinta on noin 1 000–2 500 euroa. Laadunvalvonnalla varmistetaan hankittuun laitteiston käyttökelpoisuus, ja laadunvalvonnan tulisi olla säännöllistä. Käyttäjien tulisi vähintään kerran viikossa varmistaa testikuval-

## YDINASIAIAT

- ▶ Terveyskeskuksissa tehdään röntgendiagnostiikkaa suorituskyvyiltään riittämättömillä näytöillä ja tiloissa, joissa valoisuus ja heijastukset häiritsevät kuvien tarkastelua.
- ▶ Koska radiologin lausunto saadaan vajaan puolessa tutkimuksista, näytöltä edellytetään diagnos-tista suorituskykyä.
- ▶ Näyttöjen laadunvalvontaa voidaan tehostaa tarkastelemalla säännöllisesti testikuvia.

la näytön laatu, ja etenkin radiologista diagnostiikkaa tekevissä yksiköissä tulisi järjestää säännöllistä tarkempaa teknistä laadunvarmistusta (Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas 2008).

Tutkimuksessa rajoitettiin selvittämään näyttöjen laatua, kuvankatseluolosuhteita ja kokemuksia digitaalisten radiologisten kuvien katselusta Pohjois-Suomen alueella. Suomen terveyskeskukset eivät suuresti poikkea toisistaan infrastruktuuriltaan, joten uskomme, että tulokset ovat karkeasti yleistettävissä koko Suomen tilanteeseen. Mitattujen näyttöjen otos oli pienekkö ja vastausosuus kyselyssä oli pieni (49 %), mutta vastauksia saatiin 91 vastaajalta ja selkeät tulokset antavat käsityksen terveyskeskuksissa vallitsevasta tilanteesta.

### Lopuksi

Hyvälaatuinen röntgendiagnostiikka edellyttää laadukasta kuvantamisketjua. Usein tämän ketjun heikoin lenkki on lääkärin käytössä oleva kuvankatselunäyttö. Jotta terveyskeskusten näyttöjen laatuun ja kuvankatseluolosuhteisiin saataisiin parannusta, tulisi kuvia katsovien lääkäreiden osalta vaatia riittävän laadukkaita työkaluja ja varmistaa, ettei taloudellisia säästöjä tehdä väärässä paikassa ja siten vaaranneta diagnostiikan laatua. Näyttöjen hankintaan ja laadunvalvontaan saa ohjeita lähialueiden kuvantamisyksiköistä sairaalafysikoilta ja laadunvalvojilta. ■



## KIRJALLISUUTTA

- AAPM. Online only reports. [verkkodokumentti]. [siteerattu 17.6.2009]. Supplemental files. [www.aapm.org/pubs/reports/OR\\_03\\_Supplemental/](http://www.aapm.org/pubs/reports/OR_03_Supplemental/).
- Barten PGJ. Contrast sensitivity of the human eye and its effects on image quality. Bellingham, WA: SPIE Press 1999.
- Brennan PC, McEntee, Evanoff M, Phillips P, O'Connor WT, Manning DJ. Ambient lighting: Effect of illumination on soft-copy viewing of radiographs of the wrist. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188:W177–80.
- Chawla AS, Samei E. Ambient illumination revisited: a new adaptation-based approach for optimizing medical imaging reading environments. *Med Phys* 2007; 34:81–90.
- Fuchsjäger MH, Schaefer-Prokop CM, Eisenhuber E, ym. Impact of ambient light and window settings on the detectability of catheters on soft-copy display of chest radiographs at bedside. *AJR Am J Roentgenol* 2003;181:w1415–21.
- Groth DS, Bernatz SN, Fetterly KA, Hangiandreou NJ. Cathode ray tube quality control and acceptance testing program:

Initial results for clinical PACS displays. *Radiographics* 2001;21:719–32.

- Harisinghani MG, Blake MA, Saksena M, ym. Importance and effects of altered workplace ergonomics in modern radiology suites. *Radiographics* 2004;24:615–27.
- Krupinski EA, Johnson, J, Roehrig H, Nafziger J, Fan JH, Lubin J. Use of a human visual system model to predict observer performance with CRT vs LCD display of image. *J Digit Imag* 2004;17:163–258.
- Muramoto H, Shimamoto K, Ikeda M, Koyama K, Fukushima H, Ishigaki T. Influence of monitor luminance and room illumination on soft-copy reading evaluation with electronically generated contrast-detail phantom: comparison of cathode-ray tube monitor with liquid crystal display. *Nagoya J Med Sci* 2006;68:115–20.
- Paakkala T, Kallio T, Kiuru M, Rajamäki M, Aalto J. Teleradiologisen konsultaation vaikutus terveyskeskuksen potilaiden diagnostiikkaan ja hoitoon. *Suom Lääkäril* 1999;54:3939–46.
- Park CM, Lee HJ, Goo JM, ym. Comparison of observer performance on soft-copy reading of digital chest radiographs: high

resolution liquid-crystal display monitors versus cathode-ray tube monitors. *Eur J Radiol* 2008;66:13–8.

- Parviainen T. Röntgentutkimukset terveyskeskuksissa. Tutkimusmäärät ja laatu. Kirjassa: Servomaa A, toim. Säteilyturvalisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa. STUK-A163. Helsinki: Säteilyturvakeskus 1999.
- Samei E, Badano A, Chakraborty D, ym. Assessment of display performance for medical imaging systems, report of the American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Task Group 18. Medical Physics Publishing, Madison, WI, AAPM On-Line Report No. 03, April 2005.
- Samei E, Ranger NT, DeLong DM. A comparative contrast-detail study of five medical displays. *Medical physics* 2008; 35:1358–64.
- Säteilylaki 27.3.1991/592.
- Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas. Sarjassa: STUK tiedottaa 2/2008. Helsinki: Säteilyturvakeskus 2008. [www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/fi\\_FI/stuk\\_tiedottaa/\\_files/12222632510022273/default/STUK-tiedottaa-2-2008.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/stuk_tiedottaa/_files/12222632510022273/default/STUK-tiedottaa-2-2008.pdf).

**ESA LIUKKONEN, TtM, tutkimuskoordinaattori**  
**JAAKKO NIINIMÄKI, LT, radiologi**  
OYS:n radiologian klinikka  
PL 50, 90029 OYS

**OSMO TERVONEN, professori, ylilääkäri**  
OYS:n radiologian klinikka  
ja Oulun yliopisto, diagnostiikan laitos

**MIIKA NIEMINEN, vs. professori, ylifysikko**  
OYS:n radiologian klinikka  
ja Oulun yliopisto, biolääketieteen laitos

## SIDONNAISUDET

Ei sidonnaisuuksia.

## Summary

### Displays at health centers insufficient for radiological diagnostics

**Background:** The quality of workstation displays and viewing conditions affect the diagnostic information visible from digital radiographs.

**Materials and Methods:** The image viewing practice at health centers in Northern Finland were surveyed with a questionnaire filled by 91 physicians. The quality of 23 monitors at ten health centers was measured.

**Results:** Display performance and viewing conditions were poor. Sixty percent of radiographic exams remained without a statement from a radiologist. Only few physicians assessed the quality of displays.

**Conclusions:** Health centers should invest into displays of diagnostic quality, consider the viewing conditions and perform systematic quality assurance of medical displays.