



**Suositus
kuvankatselunäytöille
ja niiden
laadunvalvontaan**

TYÖRYHMÄ

Heikkilä Janne, sairaalafyysikko FT, KYS Syöpäkeskus, sädehoito

Hippeläinen Eero, sairaalafyysikko, dosentti, HUS Diagnostiikkakeskus,
kliininen fysiologia ja isotooppi lääketiede

Kallio-Pulkkinen Soili, HLT, erikoishammaslääkäri

Lajunen Atte, tarkastaja, Säteilyturvakeskus

Lepola Pasi, ylifyysikko FT, Päijät-Sote, kuvantaminen

Liukkonen Esa, FT, tutkimuskoordinaattori, Oulun yliopistollinen sairaala, kuvantaminen
Sidonnaisuudet: Divicon Oy, osakkeenomistaja

Nieminen Miika, professori, Oulun yliopisto. Ylifyysikko, Oulun yliopistollinen sairaala
Sidonnaisuudet: Fyse Oy, osakkeenomistaja

Peuna Arttu, erikoistuva fyysikko FM, Keski-Suomen sairaanhoitopiiri, kuvantaminen

Sierpowska Joanna, sairaalafyysikko FT, SiunSote, radiologia

Vitikainen Anne-Mari, sairaalafyysikko FT, HUS Diagnostiikkakeskus, radiologia

ISSN 1799-9472

ISBN 978-952-309-546-5

Esipuhe

Lääketieteellisiä kuvia katsotaan nykyään pääosin kuvankatselunäytöiltä ja näyttöjen kuvanlaatu vaikuttaa suoraan näytöltä katseltavien kuvien diagnosoitavuuteen ja vertailukelpoisuuteen. Näin ollen kuvankatselunäytön laatu ja toimintakunto on ratkaisevan tärkeää. Koska näytön tarpeelliset ominaisuudet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan, ei säädöksissä ole määritelty kovinkaan tarkkoja yksityiskohtaisia vaatimuksia näytöille tai niiden toimintakunnon varmistamiselle. Aiheesta on kuitenkin useita kansainvälisiä suosituksia, jotka ovat hyvin sovellettavissa myös Suomessa. Käyttötarkoitukseensa riittävän laadukas näyttö ja sille toimintakunnon varmistamiseksi tehty laadunvalvonta mahdollistavat osaltaan oikean diagnoosin.

Tämän oppaan tarkoituksena on, että jokainen toiminnanharjoittaja löytäisi omiin laatutavoitteisiinsa ja resursseihinsa sopivan laadunvalvontatestien kokonaisuuden, joka lisäksi täyttää säädöksissä esitetyt vähimmäisvaatimukset ja on kansallisesti yhteneväinen vastaavissa yksiköissä. Suoritusohjeiden lisäksi oppaaseen on koottu myös toimenpiderajoja, joita eri testeihin voi soveltaa. Kuvankatselunäyttöjen laadunvalvonnan tarkoituksena on yhtenäinen kuvanlaatu toiminnasta tai näytöstä riippumatta koko kuvantamisketjussa, mikä osaltaan varmistaa hyvää potilasturvallisuutta.

Opas perustuu uusimpiin kansainvälisiin suosituksiin sekä noudattaa oppaan laatimisen aikaan voimassa olevia kansallisia vaatimuksia. Oppaan rakenteessa on otettu huomioon sekä lainsäädäntö että kuvantamismodaliteetit. Lisäksi laadunvalvontatestit on luokiteltu lainsäädännön vaatimiin, vahvasti suositeltuihin ja muihin harvemmin tarvittaviin, työryhmän tekemän arvioinnin perusteella. Suositusta tarkennetaan tarvittaessa.

Aloite oppaan laatimiseksi tuli Suomen radiologiyhdistys ry:n fyysikkojoaksen hallitukselta, ja opas on laadittu yhteistyössä sairaalafyysikoiden, muiden lääketieteellisen kuvantamisen asiantuntijoiden ja Säteilyturvakeskuksen kanssa. Opas on lähtöisin radiologian tarpeista, mutta lääketieteellisen kuvantamisen asiantuntijoita on konsultoitu myös radiologian ulkopuolelta.

Sisällys

ESIPUHE	3
1 JOHDANTO	6
2 KUVANKATSELUOLOSUHTEET	8
3 ETÄTYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT NÄYTÖT	9
4 YLEISET EDELLYTYKSET KAIKILLE MODALITEETEILLE	10
4.1 PRIMÄÄRINÄYTTÖ	10
4.2 SEKUNDÄÄRINÄYTTÖ	11
5 KUVANTAMISMODALITEETIN VAIKUTUS NÄYTÖN OMINAISUUKSIIN	13
5.1 TAVANOMAINEN RÖNTGENTUTKIMUS	13
5.2 MAMMOGRAFIATUTKIMUS	13
5.3 HAMMASKUVAUS	14
5.4 LEIKETUTKIMUS	14
5.5 LÄPIVALAISUTUTKIMUKSET	15
5.6 ULTRAÄÄNITUTKIMUS	16
5.7 PATOLOGIA	16
6 LAADUNVALVONTATESTIEN SUOSITELLUT PRIORITEETIT JA VÄHIMMÄISSUORITUSVÄLIT	18

7	LAADUNVALVONTATESTIT JA NIIDEN SUORITUSOHJEET	19
7.1	KÄYTTÄJÄN SUORITTAMAT TESTIT	19
7.1.1	NÄYTÖN PUHDISTUS	19
7.1.2	KÄYTTÄJÄN TESTI: KUVANLAADUN ARVIOINTI TESTIKUVAN AVULLA	19
7.2	TEKNISET TESTIT	21
7.2.1	VÄLINEET	21
7.2.2	TEKNINEN TESTI: KUVANLAADUN ARVIOINTI TESTIKUVAN AVULLA	21
7.2.3	YMPÄRÖIVÄSTÄ TILASTA PERÄISIN OLEVA NÄYTÖSTÄ HEIJASTUVA VALO L_{AMB} TAVANOMAISISSA KATSELUOLOSUHTEISSA	23
7.2.4	LUMINANSSIVASTE (GSD), KONTRASTIVASTE	23
7.2.5	TOIMIMATTOMAT TAI VIRHEELLISESTI TOIMIVAT PIKSELIT	24
7.2.6	ILLUMINANSSI	25
7.2.7	HEIJASTUKSET	25
7.2.8	LUMINANSSIN TASAISUUS	26
7.2.9	VÄRIEN HALLINTA	26
7.2.10	BITTISYVYYS	27
7.2.11	NÄYTÖN HARMAASÄVYKALIBROINTI	27
7.2.12	RESOLUUTIO	28
7.2.13	SKAALAUKSEN TARKISTUS	28
	OPPAASSA KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT	29
	VIITTEET	31

I Johdanto

Kuvankatselunäyttöjen laadunvalvonta on tässä oppaassa jaettu eri lukuihin kuvankatselunäyttöjen käyttötarkoituksen mukaan. Oppaassa käytetty kuvausmodaliteettien jaottelu on yhdenmukainen Säteilyturvakeskuksen (STUK) määräyksissä ja kansainvälisissä suosituksissa käytettyjen jaottelujen kanssa. Lisäksi eri kuvausmodaliteettien kuvadata asettaa erilaisia vaatimuksia näyttöjen vähimmäisominaisuuksille, mitkä on otettava huomioon näyttöjä hankittaessa ja mahdollisesti laadunvalvontasuureiden tulosten toimenpiderajoja määritettäessä.

Tämä laadunvalvontaopas pohjautuu pääasiassa TG270-suositukseen [1] ja STUKin määräykseen S/5/2019 [2]. Lisäksi on käytetty muun muassa ACR-AAPM-SIIM-SPR/ACR-AAPM-SIIM suosituksia [3, 4, 5], EUREF:n eurooppalaista mammografiasuositusta [6, 7] sekä Suomen radiologiyhdistyksen fyysikoiden laatimaa selvennystä STUKin määräystä S/5/2019 koskien [8].

Ammattimaisessa käytössä lääkinnälliseen käyttötarkoitukseen käytettävien laitteiden tulee olla CE-merkittyjä lääkinnällisiä laitteita. CE-merkinnästä selviää, että laitteen valmistaja on tarkoittanut laitteen sairauden, vamman tai toimintarajoitteen diagnosointiin, ehkäisyyn, ennakoointiin, ennusteen laatimiseen, tarkkailuun, hoitoon, lievitykseen tai kompensointiin, anatomisen taikka fysiologisen tai patologisen toiminnan tai tilan tutkimiseen, korvaamiseen tai muuntamiseen [9]. Lain (Laki lääkinnällisistä laitteista 719/2021) tarkoittamaa lääkinnällistä laitetta koskee MD-asetuksessa (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) 2017/745 lääkinnällisistä laitteista) mainitut vaatimukset [10]. Sen tulee olla myös valmistajan tiettyyn lääketieteelliseen käyttöön tarkoitama [10]. Valmistaja määrittää laitteen käyttötarkoituksen ja osoittaa laitteen vaatimuksenmukaisuuden suhteessa käyttötarkoitukseen, joten käyttötarkoituksen noudattaminen on keskeinen osa laitteiden turvallista ja asianmukaista käyttöä.

Säteilylain (859/2018) 30 §:ssä säädetään: ”Toiminnanharjoittajan on laadittava laadunvarmistuksen toteuttamista varten laadunvarmistusohjelma. Ohjelmassa on esitettävä laadunvarmistustoimenpiteet, niiden suorittaminen, suoritusvälit, toimenpiderajat, toimenpiteet toimenpiderajojen ylittyessä ja ohjelman mukaisten toimenpiteiden toteuttamista koskevat vastuut. Lisäksi ohjelmassa on oltava säteilylähteiden ja -laitteiden sekä muiden turvallisuuteen vaikuttavien laitteiden, ohjelmistojen ja oheisvälineiden teknisen testauksen ja tarkistamisen toteuttamista koskevat ohjeet.” [11] STUK on tarkentanut vaatimuksia määräyksessään säteilylähteiden käytönaikaisesta säteilyturvallisuudesta ja säteilylähteiden ja käyttötilojen poistamisesta käytöstä (STUK S/5/2019, erityisesti 15, 16 ja 27 §) [2].

STUKin määräyksen S/5/2019 liitteen 2 kohdassa 29 määrätään: ”Kuvamonitorin toiminta ei saa rajoittaa esitettävän kuvan laatua siten, että diagnoosin varmuus heikkenee sen vuoksi oleellisesti. Käyttöympäristön valaistus ei saa olla niin suuri, että se haittaa kontrastierojen havaitsemista. Pimeällä kuvaruudulla ei saa näkyä häiritseviä valonlähteiden

heijastuksia.” Saman määräyksen liitteen 12 taulukossa 1 on esitetty enimmäissuoritusvälit laadunvalvontatesteille [2].

Vaikka tämä opas pohjaa säteilylakiin ja Säteilyturvakeskuksen määräyksiin, tätä opasta ei ole tarkoitus rajata pelkästään kuvantamismodaliteetteihin, joissa käytetään ionisoivaa säteilyä. Opasta on hyvä soveltaa myös muussa kuvantamisessa, jossa kuvankatselunäyttöjen laadulla ja kunnolla on suuri merkitys. Tällaisia ovat esimerkiksi ultraäänilaitteet, joita käytetään laajasti terveydenhuollossa myös perusterveydenhuollon puolella. Kuvankatselunäyttöjen laadulla on suuri merkitys myös patologiassa, jonka erityisvaatimukset on pyritty ottamaan tässä oppaassa huomioon.

Kuvankatselunäytön valinnassa on hyvä huomioida, minkälaisia kuvia näytöltä aiotaan katsella, minkälaiset ovat katseluolosuhteet, ja mikä on kuvien katselun tarkoitus. Oppaassa käydään lyhyesti läpi oleelliset kuvankatseluolosuhteet ja näytön ominaisuudet yleisesti ja modaliteeteittain, annetaan suositus kuvankatselunäyttöjen laadunvalvontatesteistä ja niiden tärkeysjärjestyksestä, suoritusaikaväleistä sekä toimenpiderajoista, joihin tulokset antavat aihetta.



2 Kuvankatseluolosuhteet

Näytöltä tehtävään diagnostiikkaan vaikuttaa ratkaisevasti kuvan katseluolosuhteet. Hyvänkin näytön kuvalaatu heikentävät olennaisesti liian kirkas katselutila tai heijastukset näytöllä. Sanelutilan valaistuksen pitäisi olla radiologisten kuvien katselussa näytön keskimääräistä luminanssia vastaavalla tasolla [5] noin 25–75 luksin välillä [1, 3], ja pelkästään mammografiatutkimusten sanelutiloissa 20–45 luksissa [5]. Työpisteellä näytöt olisi sijoitettava pöydälle noin käsivarren mitan päähän (n. 60–65 cm) katselijasta siten, ettei esimerkiksi ikkunasta tai valaistuksesta aiheudu heijastuksia näytölle [3]. Yleisvalaistuksen olisi hyvä olla säädettävä epäsuora valaistus.

Laadunvarmistusmittaukset suoritetaan normaaleissa kuvankatseluolosuhteissa. Tällöin voidaan varmistaa kontrastierojen havaitseminen ja kontrastikäyrän yhdenmukaisuus DICOM GSDF:n (DICOM Standard Part 14 Greyscale Standard Display Function) [12] kanssa myös harmaasävyasteikon tummassa päässä, jossa ympäristöstä heijastuva hajavalo vaikuttaa eniten.

Ympäristön valaistuksen ollessa suosituksia suurempi tai muutoin epäoptimaalinen, tummien sävyjen havaitsemiskynnystä voidaan parantaa nostamalla näytön maksimi- ja minimikirkkautta. Tällöin näytön on hyvä pystyä suosituksen vähimmäisarvoja suurempiin kirkkausarvoihin. Kohteissa, joissa tarvitaan paljon yleisvaloa (esim. leikkaussalit) näyttöjen suorituskykyyn täytyy kiinnittää erityistä huomiota.

3 Etätyössä käytettävät näytöt

Suosittelut vähimmäisominaisuudet näytöille etätyöpisteellä ovat samat kuin tavanomaisella työpisteellä sairaalaympäristössä. Tarkemmat suositukset vähimmäisominaisuuksista etätyöpisteessä käytettävälle näytölle määrittyvät lausuttavien tutkimusten modaliteetin mukaan.

Ympäristön valaistusolosuhteet pitäisi ottaa etätyöhön osoitettujen kuvankatselunäyttöjen laadunvalvonnassa huomioon. Mikäli näyttöjä ei tarkasteta säännöllisesti ulkoisen mittarin avulla, niissä tulee olla mahdollisuus sisäänrakennetulla sensorilla tapahtuvalle kalibroinnille.



4 Yleiset edellytykset kaikille modaliteeteille

Tässä suosituksessa käsiteltävät primääri- ja sekundaarinäytöt ovat MD-asetuksen mukaisia lääkinnällisiä laitteita. Primäärinäyttö tarkoittaa taudin määrittämiseen käytettävää kuvankatselunäyttöä, jonka avulla lääkäri antaa kuvasta lausunnon, jonka avulla kuvia muutoin tulkitaan ensisijaisesti tai jota käytetään hoitopäätöksen tekemiseen. Sekundaarinäytöiksi puolestaan luokitellaan muut lääketieteellisten kuvien katseluun käytettävät näytöt, joilla tarkastellaan potilaan kuvia potilasasiakirjojen yhteydessä lausunnon antamisen jälkeen (ns. klinikkonäytöt) ja kuvajärjestelmien käyttöliittymien näytöt, joilla varmistetaan kuvauksen onnistuminen ennen kuvan jatkokäsittelyä.

Kuvankatselunäyttöjen jako primääri- ja sekundaarinäyttöihin perustuu radiologian tarpeisiin. Tämän lisäksi leiketutkimuksia katsellaan esimerkiksi isotooppilääketieteessä hybridikuvantamisen (tietokonetomografian tai magneettikuvantamisen yhdistäminen yksifotoniemissiotietokonetomografia (SPECT)- tai positroniemissiotietokonetomografia (PET)-kuvaukseen) yhteydessä ja syöpätautien sädehoidon suunnittelussa (erityisesti hoitokohteiden ja kriittisten elinten rajaamiseen käytettävät työasemat) [13]. Tällaiseen tarpeeseen on suositeltavaa valita näytöksi vähintään sekundaarinäyttö ja huolehtia näytön laadunvalvonnasta tässä oppaassa esitetyn mukaisesti.

Teknologisen kehityksen myötä tavalliset tietokoneiden näytöt kehittyvät vauhdilla ja niiden ominaisuudet paranevat. Koska näiden ns. perusnäyttöjen hinta on matalampi, on usein taloudellisia paineita valita tällainen näyttö myös kuvankatselukäyttöön. Lääketieteelliseen käyttöön tällaisia perusnäyttöjä ei tule käyttää [9].

Tässä oppaassa käytetään kalibrointi-termiä kuvaamaan yhtäaikaista näytön mittaamista ja virittämistä ulkoista standardia vastaan. Kalibroitaessa näyttö saatetaan tilaan, jossa näytön toiminta vastaa mahdollisimman tarkkaan DICOM GSDF:n [12] ja noudatettavien suositusten mukaista tavoitesuorituskykyä. Käytetty merkitys poikkeaa mittatekniikan keskuksen (VTT MIKES) käyttämästä terminologiasta, mutta vastaa alalla vallitsevaa käytäntöä.

4.1 Primäärinäyttö

Koska primäärinäyttöä käytetään hoitopäätösten tekemiseen, vaaditaan siltä enemmän ominaisuuksia kuin sekundaarinäytöltä.

Yksi tärkeimmistä primäärinäyttöjen ominaisuuksista on yhdenmukaisuus DICOM-standardin mukaisen harmaasävyjen näyttöfunktion (GSDF:n) kanssa. DICOM GSDF takaa harmaasävykuvien näyttämisen näyttölaitteesta riippumatta identtisellä tavalla siten, että harmaasävy ja näytön kirkkauden erot näyttäytyvät havaitsijalle samansuuruisina harmaan sävystä riippumatta.

Primäärinäytöillä tulisi olla GSDF-käyrän kalibrointimahdollisuus, ja se voidaan toteuttaa joko automaattisesti tai puoliautomaattisesti näytön reunassa olevaa etusensoria käyttäen tai ulkoisella sensorilla manuaalisesti.

DICOM-kalibroidun maksimikirkkauden tulee olla ympäröivä valo huomioiden (L'_{max}) vähintään 350 cd/m^2 ($L'_{max} \geq 350 \text{ cd/m}^2$) DICOM-kalibroidun minimikirkkauden ympäröivä valo huomioiden (L'_{min}) ollessa vähintään $1,0 \text{ cd/m}^2$ ($L'_{min} > 1,0 \text{ cd/m}^2$). Kontrastisuhteen ($LR = L'_{max}/L'_{min}$) tulee olla vakio. Suositus on $LR=350$ kaikille toiminnanharjoittajan näytöille, niiden kategoriasta riippumatta. Useissa, erityisesti edullisemmän hintaluokan näytöissä, ilmoitetaan teknisissä tiedoissa vain maksimiluminanssi tai tyypillinen maksimikirkkaus. Tämä on eri asia kuin DICOM-kalibroitu maksimikirkkaus. Tässä oppaassa maksimiluminanssilla tarkoitetaan DICOM-kalibroitu maksimiluminanssia.

Pikseliväli (pixel pitch) on välimatka pikselin keskeltä vierekkäisen pikselin keskelle ja se määrittää näytön kyvyn toistaa pieniä yksityiskohtia (paikkaerotuskyky). Mitä pienempi pikseliväli, sitä pienempi katseluetäisyys sopii kuvanlaadun kärsimättä. Primäärinäytöille suositellaan pikseliväliksi alle $0,210 \text{ mm}$ [1, 3]. Tällä pikselivälillä tavanomaiselta katseluetäisyydeltä tarkasteltuna yksittäiset pikselit eivät erotu kuvassa ja kuvan yleisilme on jatkuva.

Näytöiksi suositellaan vähintään 3 megapikselin (MP) ja kooltaan 21 tuuman näyttöä riippumatta siitä miltä modaliteetilta peräisin olevia kuvia tutkimuksessa lausutaan. Yleensä kuvia katsotaan vertaillen aiempaa ja uutta kuvaa, eri suunnista otettuja kuvia tai useaa leikekuvaa yhtäaikaaisesti näytölle jaettuna, jolloin 3 MP:n näyttöpari tai 6 MP:n 30" laajakuvanäyttö on asianmukainen. Yleisesti suositellaan [5] kuvien katsomista alkuperäisellä kuvatarkkuudella eli normaalisuurenoksella (100 %), jolloin suurin osa eri modaliteettien tuottamista kuvista mahtuu näytölle sellaisenaan ja vertailukuvat saadaan samanaikaisesti vierekkäin arvioitavaksi.

Pelkästään tavanomaisia röntgenkuvia katseltaessa ei välttämättä tarvita värinäyttöjä, mutta monilla modaliteeteilla voidaan tuottaa värillisiä kuvia tai kuviin halutaan tuoda elementtejä, joita merkitään eri väreillä, jolloin värinäyttö on tarpeellinen.

Bittisyvyys määrittää esitettävien harmaasävyjen, tai värinäytöissä päävärikomponenttien, määrän kuvassa. Tyypillinen 8-bittinen kuvasignaali vastaa 256:ta sävyä, mikä riittää lausunnon antamiseen [3]. Korkeamman, esimerkiksi 10 bitin, bittisyvyyden omaavan näytön käyttäminen voi parantaa harmaasävyjen erottumista [14] sekä kalibroinnin tarkkuutta [15], mutta vaikutusta diagnostiikkaan ei ole yksiselitteisesti osoitettu. Käytettäessä 10-bittistä tai suurempaa bittisyvyyttä pitää tarkistaa työaseman ja käytetyn kuvankatseluohjelmiston yhteensopivuus suuremman bittisyvyyden näyttämiseksi [16].

Valkoisen sävy suositellaan valittavaksi CIE-väriavaruuden standardin mukaan [3, 17].

4.2 Sekundäärinäyttö

Sekundäärinäyttö on esimerkiksi klinikon työpöydällä oleva, lääketieteellisten kuvien katseluun käytetty näyttö, jolla tarkastellaan potilaan kuvia potilasasiakirjojen yhteydessä lausunnon antamisen jälkeen (ns. kliinikkonäyttö), ja kuvantamislaitteiden säätöhuoneen työaseman näyttö, jolta ohjataan kuvantamislaitteita. Usein tällaisissa ei-diagnostisissa

käyttötarkoituksissa kuvankatseluohjelmistoon on lisätty turvallisuusilmoitus, esimerkiksi: "Ei diagnostiseen käyttöön." tai "Tätä tuotetta ei ole tarkoitettu sairauksien diagnosointiin tai hoitoon."

Sekundäärinäyttö on lain mukaan myös lääkinällinen laite ja sen tulee olla valmistajan tarkoittama aiottuun käyttötarkoitukseen. Sekundäärinäytön teknisille ominaisuuksille ei ole yhtä tiukkoja vähimmäisominaisuussuosituksia kuin primäärinäytölle. Näytön suositellaan olevan yhdenmukainen DICOM GSDF:n kanssa [1]. DICOM-kalibroidun näytön maksimikirkkauden tulisi olla ympäröivä valo huomioiden vähintään 250 cd/m^2 ja minimikirkkauden vähintään $0,8 \text{ cd/m}^2$. Pikselivälin tulisi olla vähemmän kuin $0,250 \text{ mm}$, kun kuvaa katsotaan normaalilta kuvankatseluetäisyydeltä. Mikäli katseluetäisyys on aina yli 90 cm , $0,300 \text{ mm}$:n pikseliväli on riittävä [3].



5 Kuvantamismodaliteetin vaikutus näytön ominaisuuksiin

Eri kuvantamismenetelmillä tuotettujen kuvien katseluun käytettävien primäärinäyttöjen ominaisuuksien olisi hyvä täyttää seuraavana esitetyt vähimmäisominaisuudet, jotta voidaan varmistua kuvien luotettavasta tulkinnasta.

Usein samoilta kuvankatselunäytöiltä arvioidaan kaikkien modaliteettien tuottamia kuvia tai vähintään vertailukuvina käytetään tavanomaisia röntgenkuvia, jolloin käytännössä jälkimmäiset asettavat tiukimmat vähimmäissuosituksset näyttöjen ominaisuuksille. Jos näytöltä sanellaan mammografiatutkimuksia, tulee näytöt valita mammografiatutkimusten asettamien vähimmäissuositusten mukaisesti. Harkitusti voi pohtia vaatimattomampien ominaisuuksien riittävyttä hyvin tarkasti rajattuihin käyttötarkoituksiin.

5.1 Tavanomainen röntgentutkimus

Tavanomaisella röntgentutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, jossa kuvan kontrasti muodostuu kudosten erilaisesta alkuainekoostumuksesta ja tiheydestä, mikä vaikuttaa kudosten kykyyn vaimentaa säteilyä. Tyypillisimpiä esimerkkejä tavanomaisista röntgentutkimuksista ovat keuhkojen ja raajojen kuvaukset, jotka ovat kuitenkin kuvankatselun kannalta vaativimpia. Keuhkokuvan koko on noin 3,8 MP, joten myös näytön matriisikoon olisi hyvä olla vähintään 3 MP, jotta keuhkot saadaan näkyviin pikseli pikseliltä ilman suurennosta. Usein näytöllä katsotaan vierekkäin kahta eri kuvaa, esimerkiksi keuhkojen kahdesta eri suunnasta otettuja kuvia tai aiempaa ja uutta kuvaa. Luukuvan tyypillinen koko on 3–8 MP.

5.2 Mammografiatutkimus

Mammografiatutkimuksessa tuotetaan pikselimäärältään suuria kuvia (noin 7–32 MP), joissa on korkea paikkaerotuskyky ja hyvin pienet kontrastierot. Mammografiakuvien katsomiseen (sekä seulonnassa, että kliinisessä mammografiatutkimuksessa) suositellaan 5 MP:n näyttöparia [3, 7], jolloin kuvien katsomista osissa, niiden siirtoa ja suurennosta tarvitaan vähemmän kuin 3 MP:n näyttöparilla, mikä säästää radiologin työaikaa [5]. Tomosynteesikuvien katsomiseen suositellaan yleisesti 5 MP:n näyttöparia [13]. Markkinoilla on myös 8–12 MP:n laajakuvanäyttöjä erityisesti tomosynteesimammografiakuvien katseluun.

Mammografianäytölle on annettu omat yleisradiologiaa tiukemmat suosituksensa maksimi- ja minimiluminansseista: DICOM-kalibroidun maksimikirkkauden tulee olla ympäröivä valo huomioiden vähintään 420 cd/m^2 ($L'_{\max} \geq 420 \text{ cd/m}^2$) minimikirkkauden ollessa vähintään

1,2 cd/m² ($L'_{\min} > 1,2 \text{ cd/m}^2$) [3]. EUREF-suosituksessa on tiukempi raja tasaisuuspoikkeamille osalle tummemmista harmaasävyistä [7].

5.3 Hammaskuvaus

Intraoraalikuvantamisessa (IO) suun sisäisten kuvailmaisimien koot ovat pieniä verrattaessa muuhun kuvantamiseen: periapikaali- ja bitewing (BW) -kuville noin 2 x 3 cm tai 3 x 4 cm ja okklusaalikuvulle noin 5,7 x 7,6 cm. Koko hampaiston kuvantaminen voi sisältää jopa yli 10 periapikaalikuvaa sekä kaksi bitewing-kuvaa, jotka olisi hyvä saada näkyviin näytölle yhtä aikaa ja tarvittaessa yksittäin alkuperäisellä kuvatarkkuudella (normaalisuurenoksella, 100 %). IO-kuvan koko on noin 3 MP. Tavanomaisista hammasröntgenkuvista intraoraalikuvat ovat yleisimpiä, toiseksi yleisin on panoraamaröntgenkuvaus (PTG). PTG-kuvan koko on tyypillisesti noin 4,6 MP.

Hammaskuvien katselussa on suositeltavaa käyttää tavanomaisten röntgenkuvien katseluun soveltuvia näyttöjä. Näytön resoluutio ja kuvasuhde kannattaa valita käyttötarkoitukseen sopivaksi: vähintään 2 MP:n näyttö, mutta mieluiten 3 MP:n näyttö, käytetyn kuvankatseluohjelman tuomat rajoitteet huomioiden. Näytön fyysinen koko kannattaa valita tyypillisen katseluetäisyyden mukaan. Hammashoituhuoneiden valaistus on tavanomaisen röntgenkuvan kuvankatseluolosuhteita huomattavasti suurempi, jopa noin 1000 lux. Tämän vuoksi näytön kirkkauden pitää olla riittävä ja tummien harmaasävyjen erottumiseen pitää kiinnittää erityisesti huomiota. Jos tilan valaistuksen voimakkuutta ei voida laskea suositeltujen katseluolosuhteiden tasolle, on näytön kirkkauteen kiinnitettävä erityistä huomiota; maksimikirkkauden suositellaan olevan vähintään 350 cd/m².

Kartiokeilatietokonetomografiatutkimusten (KKT) osalta näytön vähimmäisominaisuuksia käsitellään kohdassa 5.4.

5.4 Leiketutkimus

Leiketutkimuksilla tarkoitetaan tässä suosituksessa tietokonetomografia- (TT), kartiokeilatietokonetomografia- (KKT) ja magneettikuvauslaitteilla (MRI) tehtyjä kuvantamistutkimuksia. TT, KKT ja MRI asettavat kuvankatselunäyttöjen vähimmäisominaisuuksille käytännössä samat vaatimukset. Tuotetut kuvat ovat pääasiassa harmaasävykuvia, mutta myös väri-informaatiota voidaan käyttää erikoistekniikoiden kuvadatan esittämiseen. Mikäli TT-, KKT- tai MRI-laitteet tuottavat värikuvia, näyttöjen pitää olla värinäyttöjä. Myös valkotasapaino on hyvä kalibroida CIE-standardin mukaisesti ja väritoistosta pitäisi samalla varmistua.

Leiketutkimusten kuvadata koostuu tyypillisesti 512 x 512 (0,3 MP) pikselimatriisiin kokoisista leikkeistä. Usein näytöllä esitetään vierekkäin useita leikesarjoja (esimerkiksi 2–8 kuvasarjaa). 3 MP:n näytöllä pystytään täten esittämään rinnakkain useita sarjoja leikkeiden alkuperäisellä kuvatarkkuudella. Tämä puoltaa laajakuvanäytön käyttöä, jolloin vertailututkimukset saadaan vierekkäin. Nykyään TT-, KKT- ja MRI-sovelluksissa saatetaan tuottaa myös suuren resoluution leikkeitä. Korkean resoluution leikkeet voivat olla kooltaan esimerkiksi 1024 x 1024 (1 MP) ja ultrakorkean resoluution jopa 2048 x 2048 (4 MP).

5.5 Läpivalaisututkimukset

Läpivalaisulaitteita, kuten C- tai O-kaaria, käytetään kuvantaohjattuihin toimenpiteisiin toimenpideradiologiassa, toimenpidekardiologiassa sekä erilaisissa kirurgisissa toimenpiteissä leikkaus- ja toimenpidesaleissa. Kuvat voivat olla 2D-projektio- tai 3D-KKTT-kuvia ja laitteiden tuottama kuva on tyypillisesti resoluutioltaan pientä (0,1–1 MP, yleensä korkeintaan noin 4 MP). Kuva on usein videomuotoista.

Toimenpidehuoneessa tarvitaan usein tyypillisesti kirkasta valaistusta. Ympäröivän valaistuksen määrä vaikuttaa voimakkaasti tummien sävyjen havaitsemiseen ja näytön minimikirkkautta voi olla syytä suurentaa kirkkaassa ympäristössä riittävän kuvanlaadun varmistamiseksi. Riittävän kontrastisuhteen takaamiseksi näytön maksimikirkkautta tulee tällöin myös suurentaa. Kontrastin heikkenemistä voidaan pyrkiä kompensoimaan pimentämällä huonetta kuvauksen ajaksi, asettamalla näytön kulma heijastuksia välttäväksi ja suosimalla suureen maksimiluminanssiin kykeneviä näyttöjä. Joissakin laitteistoissa näyttöihin on sisäänrakennettu automaattinen kirkkauden säätö. Näytössä oleva sensori havaitsee ympäröivän valaistuksen ja säätää näytön kirkkauden sen mukaisesti. Tämä ominaisuus pitää huomioida näyttöjen laadunvalvontamittauksissa.

Toimenpideympäristössä näyttö on alttiina erilaisille varjoaine- ja eriteroiskeille ja näyttöihin kohdistuu myös helposti iskuja ja törmäyksiä, jotka voivat vaurioittaa näytön pintaa. Näyttöjen tuleekin olla helposti puhdistettavia ja niissä pitäisi olla suojarakenteita iskuilta suojaamiseksi. Käytettäessä erillistä suojalasia tai -kalvoa näytön edessä on syytä tarkistaa sen aiheuttamien heijastumien vaikutus kuvanlaatuun. Näyttöjen asettelussa tulee välttää muusta salivarustelusta aiheutuvia voimakkaita heijastuksia.

Läpivalaisulaitteiden kuvaa katsellaan yleensä joko laitteen omalta näytöltä (integroituu laitteeseen tai kiinnitetty kattotelineeseen) tai salin yleisen näyttöjärjestelmän kautta. Laitteistoon integroitujen, eli esimerkiksi liikuteltavaan C-kaaren liitettyjen näyttöjen, olisi suositeltavaa olla vähintään 2 MP:n näyttöjä. Kattovarten kiinnitettyjen, kiinteään kuvauslaitteeseen liittyvien näyttöjen, olisi suositeltavaa olla vähintään 8 MP:n ja diagonaalimitaltaan 50” tai enemmän. Laajojen katselukulmien toteutumiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Muuten käytetään kaikille modalityteille soveltuvia yleisiä vaatimuksia.

Läpivalaisulaitteiden kuvaa voidaan joskus esittää myös salinäyttöjärjestelmän kautta. Näyttöjärjestelmää käytettäessä on huomioitava, että järjestelmä on usein tarkoitettu useiden erityyppisten kovalähteiden yhtäaikaiseen esittämiseen ja on siis harvoin kalibroitu DICOM Part 14 GSDF -harmaasävykäyrälle. Samassa järjestelmässä voidaan esimerkiksi esittää värikriittistä endoskopiakuvaa, potilasvalvonnan tietoja ja potilastietojärjestelmän tietoja röntgenkuvan rinnalla tai sijaan. Järjestelmät usein myös skaalaavat eri lähteistä tulevien kuvien resoluutiota ja bittisyvyyttä, jolloin röntgenkuvan totuudenmukainen esittäminen tulisi tarkistaa jokaisen lähteen kohdalta erikseen resoluutio- ja harmaasävypporastestikuvilla. Myös erilaisten Picture-in-Picture- ja Picture-by-Picture-tilojen skaalausasetukset tulee tarkistaa. Järjestelmässä voi olla myös mahdollisuus lähdekohtaiseen signaalikalibrointiin, mitä kannattaa hyödyntää mahdollisuuksien mukaan. Näyttöjärjestelmissä käytetään usein kvaliitiantöinä BNC- tai kuituliittimiä. Kuvaan ei saisi aiheutua signaalikonversioista aiheutuvaa, toimenpiteen suorittamista haittaavaa viivettä.

Kuvaahuoneen lisäksi läpivalaisulaitteeseen liittyviä näyttöjä löytyy myös säätöhuoneen puolelta. Säätöhuoneen puolella olevilta näyttöiltä katsotaan mm. referenssikuvia, kuvasarjoja (CINE) tai KKTT-kuvia. Lisäksi säätötilassa voi olla sanelutyöpiste, jonka kautta tutkimuksen sanelu tehdään toimenpiteen jälkeen. Näihin näyttöihin sovelletaan leikekuvantamisnäyttöjen suosituksia. Mikäli näyttöä käytetään myös muiden kuin toimenpiteen loppukuvien lausumiseen, pitäisi näyttöön soveltaa modaliteettikohtaisia tiukempia suosituksia.

5.6 Ultraäänitutkimus

Ultraäänilaitteistot muodostavat oman kokonaisuutensa, joka ei ole yhtä kattavasti Suomessa lainsäädännön sääntelemää kuin ionisoivaa säteilyä käyttävät modaliteetit. Ultraäänilaitteita koskee Laki lääkinnällisistä laitteista [9], josta seuraa ammattimaiselle käyttäjälle vaatimuksia, kuten laitteen asianmukaisen ylläpidon (32 §) ja suorituskyvyn poikkeaman tai häiriön (33 §) tunnistamisen vaatimus. AAPM:n TG270-suosituksessa ultraäänilaitteet kuuluvat modaliteettinäyttö-kategorian alle, jossa korostetaan katselijan vastuuta ymmärtää näytön rajoitteita tulkitessaan kuvaa.

Ultraääni on myös harvoja kuvantamismodaliteetteja, joissa käyttäjä (radiologi, muu erikoislääkäri, kättilö, sonograaferi jne.) sekä säätää kuvausarvoja ja -parametreja (mm. voi valita eri harmaasävypainotuksia, muokata kuvan kirkkautta vahvistusta lisäämällä/vähentämällä, valitsemalla kuvan värikartan, dynaamisen alueen suuruuden, harmaasävyjen pakkauksen jne.) että tekee samanaikaisesti taudinmääritystä tai kuvailevaa tulkintaa tutkimuksen aikana. Varsinainen tutkimuksen lausuminen tehdään tyypillisesti tutkimuksen jälkeen sanelutyöasemalta käyttäen apuna tutkimuksen aikana otettuja kuvia. Tältä kannalta ultraäänilaitteen näyttöä voidaan pitää primäärinäyttönä.

Käytännössä ultraäänilaitteen näyttö ei edes uutena täytä primäärinäyttöille suositeltuja vähimmäisominaisuuksia kaikilta osin. Esimerkiksi näytön harmaasävyfunktion valinta- tai kalibroitimahdollisuutta ei välttämättä ole ja maksimiluminanssi ei yllä suositeltuun 350 cd/m^2 :iin [18, 19]. Uudemmissa laitteissa voi olla valmiina valmistajan tallentamina erilaisia testikuvia näytön laadunvalvontaan.

Ultraäänilaitteiden näytöille olisi hyvä tehdä teknisen kuvanlaadun arviointi testikuvan avulla sekä vähintään maksimi- ja minimiluminanssin mittausta määräväleillä, myötäillen muiden modaliteettien kuvankatselunäyttöjen laadunvarmistusta. Vaikka näiden testien perusteella ei laitetta suoraan voida asettaa esimerkiksi käyttökieltoon, on laitteen mahdolliset rajoitteet syytä tuntea ja mahdollisesti ohjata laitteen kliinistä käyttöä niiden mukaan.

5.7 Patologia

Vaikka näytöillä on tärkeä rooli myös patologiassa, ei niiden vähimmäisominaisuuksia ole selkeästi määritelty. Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkeviraston (FDA, Food and Drug Administration) on testannut digitaalisia patologian järjestelmiä. Eräässä hyväksynnän saaneessa digipatologian järjestelmässä käytetyn näytön resoluutio oli 2560×1600 pikseliä (4 MP), jota voitaneen pitää resoluution osalta minimivaatimuksena. Riittävänä näytön luminanssina voidaan pitää $300\text{--}1000 \text{ cd/m}^2$ ja näytön väritarkkuutena ΔE -arvoa ≤ 2 , joka

ilmaisee kahden värin visuaalisen havainnon muutoksen määrää. Näyttöjen tulisi olla värikalibroituja ja niiden koon olisi oltava halkaisijaltaan 27”–43”. Tekstitiedon (eli mm. laboratoriojärjestelmän käyttöliittymän sisältävä) näytön tulisi olla erillinen [20].

Käytännössä digipatologiaan soveltuu hyvin edellä kuvatun mukainen näyttö, jonka resoluutio on 2560 x 1440 (3,7 MP), luminanssi 350 cd/m², 10-bittinen bittisyvyys ja taustavalona on LED. Työasemien, palvelimien ja tietoliikenneyhteyksien nopeutuessa resoluutiota voinee kasvattaa työn sujuvuuden kärsimättä. Näytön koon ja resoluution lisääminen saattaa vähentää suurennustyökalun tarvetta [21] ja siten nopeuttaa työtä.

Ruotsissa patologian järjestelmiin on kuvattu näyttöjä, joiden resoluutio on 4096 x 2160 (8 MP), kalibroitu luminanssi 500 cd/m² ja joissa on 10 bitin bittisyvyys. Toisaalta myös tekniikaltaan vaatimattomilta näyttöiltä saadaan hyviä tuloksia. Tutkimuksessa, jossa validoitiin digitaalista patologian järjestelmää, todettiin täydellinen yhteneväisyys mikroskopoinnin ja virtuaalisen diagnoosin välillä. Tutkimuksessa käytettiin näyttöjä, joiden diagonaalimitta vaihteli 13,3” ja 42,0” välillä. Näyttöjen resoluution vaihtelu oli välillä 1280 x 800 – 3840 x 2160 pikseliä [22].

Edellä mainitut testit ja käyttäjien kokemukset näyttöjen käytettävyydestä myötäilevät AAPM TG270 -työryhmän suositusarvoja primäärinäytöille. Patologiassa tuotettavien kuvien vaivattoman ja luotettavan arvioinnin mahdollistamiseksi voidaan näytöltä vaatia primäärinäytön ominaisuuksia viitaten näihin suosituksiin [23].

Patologian näytöille voidaan tehdä primäärinäytöille tarkoitettua laadunvalvontaa, kuten AAPM TG270 suosittelee, mutta DICOM GSDF:ää ei arvioida. Lääketieteellisten värikuvien värikalibroinnille ei ole vielä valmista suositusta. Patologiassa käytettävien näyttöjen tulisi laadullisesti vastata radiologisia näyttöjä. Soveltuvia näyttöjä ovat kuvankäsittelyyn tarkoitettut näytöt, jotka kykenevät toistamaan Adobe RGB -väriavaruuden ja niiden vastekäyrä on kalibroitavissa. Ammattikäyttöön tarkoitetut graafiset näytöt ovat tekniikaltaan identtisiä radiologisten näyttöjen kanssa, joten vastekäyrä tallentuu näyttöön, ei tietokoneelle.

Tärkeintä on, että organisaatiossa kalibrointi suoritetaan kaikille digipatologian kuvien arviointiin tarkoitetuille näytöille säännöllisesti käyttäen samaa väriavaruutta. Näytöt voidaan kalibroida muun laadunvalvonnan yhteydessä.

6 Laadunvalvontatestien suositellut prioriteetit ja vähimmäissuoritusvälit

TAULUKKO 1. Laadunvalvontatestien suositellut prioriteetit ja vähimmäissuoritusvälit.

VO = vastaanotossa

	Primäärinäyttö			Sekundäärinäyttö
	Kun kuvälähteenä käytetään ionisoivaa säteilyä käyttävää laitetta	Kun kuvälähteenä käytetään magneetti- ja/tai ultraäänilaitetta	Ultraääni laitteen näyttö	
Lainsäädännön vaatimat testit¹				
Käyttäjän testi: Kuvanlaadun arviointi testikuvan avulla	1 kk	-		6 kk
Luminanssi ²	12 kk	-		
Suosittelut vähimmäistestit edellisten lisäksi				
Näytön puhtauden tarkistus	päivittäin	päivittäin	päivittäin	päivittäin
Käyttäjän testi: Kuvanlaadun arviointi testikuvan avulla		1 kk	3 kk	
Tekninen testi: Kuvanlaadun arviointi testikuvan avulla	12 kk	12 kk	VO, 12 kk	12 kk
Ympäristöstä tilasta peräisin oleva näytöstä heijastuva valo L _{amb} tavanomaisissa katseluolosuhteissa	12 kk	12 kk	12 kk	12 kk
Luminanssivaste, kontrastivaste	12 kk	12 kk	12 kk (minimi- ja maksimiluminanssi riittää)	12 kk
Toimimattomat tai virheellisesti toimivat pikselit	12 kk	12 kk	-	12 kk
Muita suositeltuja testejä				
Illuminanssi	12 kk	12 kk	12 kk	12 kk
Heijastukset	12 kk	12 kk	12 kk	12 kk
Luminanssin tasaisuus	12 kk	12 kk	-	12 kk
Värien hallinta - kromaattisuus	12 kk	12 kk	-	12 kk
Bittisyvyys	VO	VO	-	VO
Näytön harmaasävykalibrointi	VO, tarvittaessa	VO, tarvittaessa		VO, tarvittaessa
Resoluutio	tarvittaessa	tarvittaessa	-	tarvittaessa
Skaalauksen tarkistus	VO, tarvittaessa	VO, tarvittaessa	-	VO, tarvittaessa

1 STUK S/5/2019 Liite 12 Taulukko 1.

2 Suositellaan koko luminanssivasteen määrittämistä, ks. kohta Luminanssivaste, kontrastivaste.

7 Laadunvalvontatestit ja niiden suoritusohjeet

7.1 Käyttäjän suorittamat testit

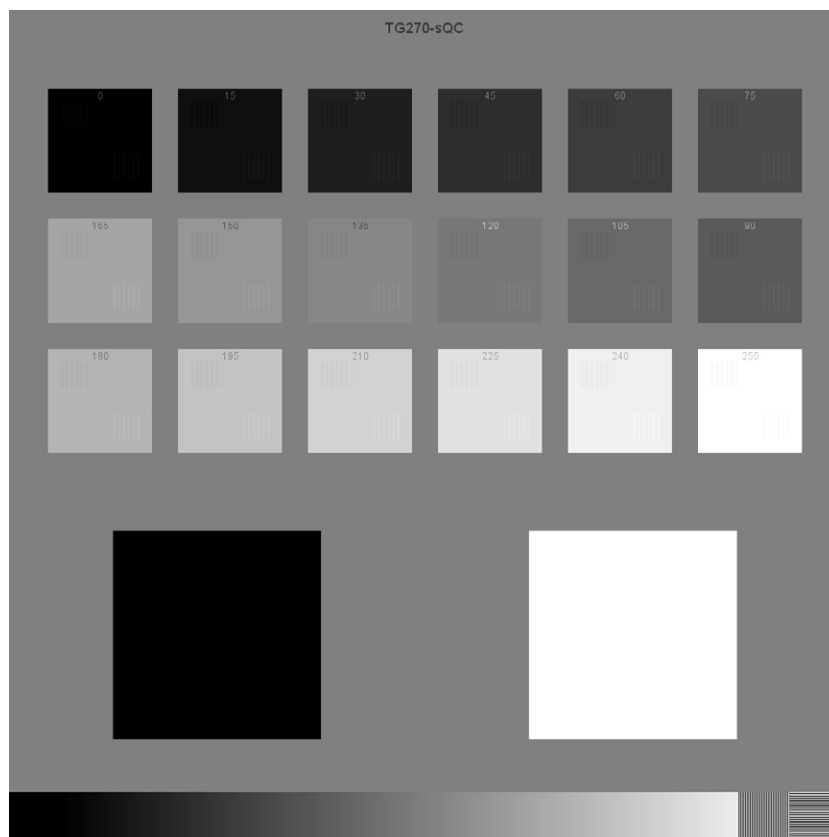
7.1.1 Näytön puhdistus

Näytöt on tarvittaessa pyyhittävä pölystä ja sormenjäljistä tai muusta liasta. Valmistajat suosittelevat näyttöjen pinnan puhdistamiseen pehmeää sientä, pehmeää liinaa tai puhdistusyydynä, joka on kostutettu pelkällä vedellä. Väline kostutetaan aina ensin vedellä, eli vettä (tai puhdistusainetta) ei koskaan viedä suoraan pinnalle, vaan aina liinan kautta näytön pintaan. Rasvaisten sormenjälkien puhdistamiseen voi tarvita sopivaa puhdistusainetta. Näytöt olisi hyvä puhdistaa silloin kun ne ovat pois päältä, koska tällöin niiden lämpötila on alhainen eikä vesi/puhdistusaine kuivu liian nopeasti ja muodosta tahroja tai epätasaisia rantuja pintaan. Näytön pintaa ei saa painaa, vaan kannattaa käyttää kevyttä otetta. Näyttöjen käyttöohjeissa on aina maininta puhdistukseen soveltuvista tuotteista yleisellä tasolla.

7.1.2 Käyttäjän testi: Kuvanlaadun arviointi testikuvan avulla

Testin tarkoitus on yksinkertaisella visuaalisella testillä arvioida täyttääkö näyttö primäärinäytöille tarkoitetut oleellisimmat kriteerit.

Testikuva voidaan syöttää näytölle automaattisesti tai se voidaan hakea kuva-arkistosta manuaalisesti. Testikuvan kohteet käydään läpi ja tulokset kirjataan toiminnanharjoittajan käytänteiden mukaisesti (esimerkiksi automaattista lomaketta tai laadunvalvontatulosten seurantaan käytettävää ohjelmaa käyttäen taulukkoon tai käsin paperilomakkeelle). Käyttäjät käyttävät TG270-sQC (simple-QC) -testikuvaa (kuva alla). Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää TG18-testikuvia [24] mikäli TG270-testikuvia ei ole käytettävissä.



TESTIN SUORITTAJA	Käyttäjä.
SUORITUSOHJEET	<p>TG270-sQC-kuvan yläosassa on 18 harmaasävyneliötä, joiden sisällä on matalakontrastisia viivakohteita vasemmalla yläreunassa ja oikealla alareunassa. Tarkastele kuvaa, erottuvatko viivakohteet eri taustoilla.</p> <p>Kuvan alareunassa on harmaasävygradientti, tarkastele liukuuko harmaasävy tasaisesti mustasta valkoiseen.</p> <p>Testikuvan oikealla alareunassa on korkean kontrastin korkean resoluution viivaparikohte. Tarkastele, erottuvatko viivaparit molemmissa suunnissa.</p>
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Kuvan yläosan viivakohteet tulee erottua kaikissa harmaasävyneliöissä. Harmaasävygradientin tulee olla tasainen. Oikean alareunan viivaparien tulee erottua toisistaan.
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Testikuvan ominaisuuksien havaitseminen riippuu sekä ulkoisista olosuhteista että havaittajasta. Mikäli jokin testikuvan kohde ei erotu, kannattaa katseluympäristön olosuhteita tarkastella kriittisesti ja toistaa testi. Jos virhe vielä jatkuu, on otettava yhteyttä näytöistä vastaavaan henkilöön.

7.2 Tekniset testit

7.2.1 Välineet

Vähintään tarvitaan:

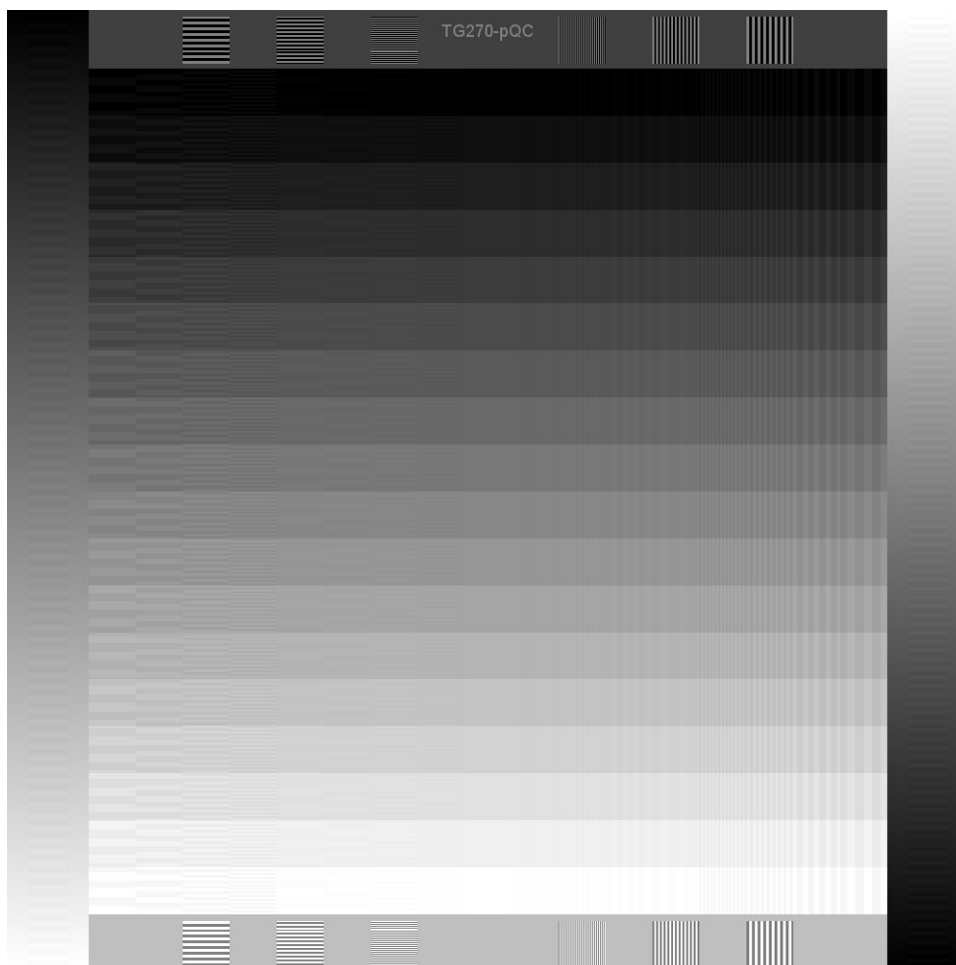
- Testikuvasarja TG270. TG270-testikuvasarjojen luontiin löytyy ohjeet raportista [1]. Testikuvasarjat voi ladata myös SRYn sivuilta [8]. Kuvasarjoja katsotaan suosituksessa annetulla kuvasuhteella ja ikkunoinnilla.
- Fotometri luminanssin ja illuminanssin mittaamiseen. Käytössä olevan luminanssimittarin ominaisuuksiin ja käyttöohjeisiin, sekä mittarin suositeltuihin/vaadittuihin kalibrointimenettelyihin ja -aikaväleihin on syytä tutustua.
- Värimittari värivaruuden määrittämistä varten. Joissain fotometreissä on myös värivaruuden mittaushmahdollisuus.
- Suurennuslasi

Lääketieteelliseen käyttöön tarkoitetuissa näytöissä on usein etusensori, jonka avulla näytön harmaasävyfunktion voi kalibroida ohjelmallisesti käynnistämällä kalibrointiohjelma joko työasemalta tai etähallinnan kautta tai ajastaa tämän tapahtumaan automaattisesti tietyin väliajoin. Tällaisia apuvälineitä onkin hyvä käyttää näyttöjen etähallintaan, kun näyttökanta on suuri. Etusensorien kalibroinnista on hyvä huolehtia säännöllisesti, sillä on havaittu jopa yli 10 % poikkeamia suhteessa kalibroituihin ulkoisiin luminanssisensoreihin [25]. Joidenkin valmistajien näyttöjen etusensori on mahdollista kalibroida ulkoisen mittarin avulla.

7.2.2 Tekninen testi: Kuvanlaadun arviointi testikuvan avulla

Testin tarkoitus on yksinkertaisella visuaalisella testillä arvioida täyttääkö näyttö primäärinäytöille tarkoitetut oleelliset kriteerit.

Testikuva voidaan syöttää näytölle automaattisesti tai se voidaan hakea kuva-arkistosta manuaalisesti. Testikuvan kohteet käydään läpi ja tulokset kirjataan toiminnanharjoittajan käytänteiden mukaisesti. Teknisten testien yhteydessä käytetään TG270-pQC-testikuvaa (kuva alla).



TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Kuvasta katsotaan jokaisella 18 eri harmaasävyrivillä olevien eri paksuisten vaaka- ja pystysuuntaisten viivakohteiden erottuvuutta ja testikuvan sivuilla olevien harmaasävygradienttien tasaisuutta. Kuvan ylä- ja alaosan korkeakontrastisten viivaparikuvioiden erottuvuus tarkastetaan vaaka- ja pystysuunnassa kaikilla eri viivaparipaksuuksilla.
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	<p>Oleellisten kohteiden täytyy erottua kuvasta seuraavasti: Testikuvaa katsotaan sarake kerrallaan ja arvioidaan, erottuuko kulloinkin kyseessä oleva vaaka- tai pystyraitakuvio yhtä hyvin jokaisella harmaasävy pohjalla. DICOM GSDF-kalibroidussa näytössä näin pitäisi olla. Jos kalibrointi on liikunut liian kauas standardista, jollakin harmaasävyllä (rivillä) kuviot voivat olla muita heikommin tai paremmin nähtävissä.</p> <p>Testikuvan ylä- ja alareunassa olevien korkeakontrastisten viivaparikuvioiden viivojen tulee erottua kaikissa viivaparipaksuuksissa molemmissa suunnissa, tällä voidaan myös varmistaa 1:1 suurennos. Testikuvan reunoilla olevien gradienttiliukujen tulee olla sileitä ja niiden päällä erottuva sinimuotoinen viivakuvio yhtä erottuva koko gradienttien matkalla.</p>
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Mikäli havaitaan silmin nähtäviä eroja, tarkempi selvittely on tarpeen.

7.2.3 Ympäröivästä tilasta peräisin oleva näytöstä heijastuva valo L_{amb} tavanomaisissa katseluolosuhteissa

Ympäröivästä tilasta peräisin oleva valo, joka heijastuu näytön pinnasta katsojan silmiin sisältää sekä ympäristössä olevien näkyvien valonlähteiden suorat (spekulaariset) heijastukset näytöllä, että näistä aiheutuvan diffuusin, vaikeammin havaittavissa olevan, heijastumisen. Mittaamalla heijastuvan valon määrä katseluetäisyydellä saadaan objektiivista tietoa työpisteen valaistusolosuhteista.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Mittauksessa käytetään teleskooppista fotometriä tyypillisessä katselukulmassa ja tyypillisellä etäisyydellä, huoneen valaistus pidetään tavanomaista käyttöä vastaavalla tasolla ja näyttö on sammutettuna. Luminanssimittarin lukeman annetaan stabiloitua. Tulos L_{amb} ilmoitetaan kandeloina per m^2 (cd/m^2).
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	$L_{amb}/L_{min} \leq 1/4$
TOIMENPIDERAJAN YLITTYESSÄ	Mikäli toimenpiderajat ylittyvät, pyritään ongelma ensisijaisesti korjaamaan vähentämällä ympäröivää valoa ja/tai säätämällä näyttö optimaalisemmin katsojaan päin.

7.2.4 Luminanssivaste (GSDF), kontrastivaste

Harmaasävyasteikon luminanssivasteen avulla mitataan näytön harmaasävyjen luminanssi ja määritetään näytön kontrastivastekäyrä. Oikein kalibroidussa näytössä on riittävä kontrasti näytön koko harmaasävykaalalla, ja lisäksi se yhtenäistää kuvien ilmiäsi eri näyttöjen välillä.

Minimi- ja maksimiluminanssiarvot saadaan mittaamalla tummimman ja kirkkaimman testikuvasarjan kuvien luminanssiarvot.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Luminanssivasteet eri harmaasävyille mitataan (kontakti)luminanssimittarin avulla näytön pinnasta käyttäen kuvasarjoja TG270-ULN. Testikuvasarjan bittisyvyys valitaan testattavan työaseman mukaan. Saatujen arvojen ja L_{amb} -arvon avulla lasketaan DICOM GSDF -formalismia käyttäen kontrastivasteen poikkeama GSDF-standardista dL/L per JND ja $\Delta JND/GL$:n virhe.
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Taulukossa 2 on esitetty suositellut toimenpiderajat primääri- ja sekundäärinäyttöille [1, 3]
TOIMENPIDERAJAN YLITTYESSÄ	Mikäli toimenpideraja ylittyy, näyttö kalibroidaan ja/tai ympäröivää valoa vähennetään ja mittaus toistetaan.

TAULUKKO 2. Suositellut luminanssisuureiden toimenpiderajat primääri- ja sekundäärinäytöille.

	Primäärinäyttö		Sekundäärinäyttö
	Kaikki näytöt	Mammografianäytöt	
L'_{min}	$\geq 1,0 \text{ cd/m}^2$ ja $L_{amb}/L_{min} \leq 1/4$	$\geq 1,2 \text{ cd/m}^2$ ja $L_{amb}/L_{min} \leq 1/4$	$\geq 0,8 \text{ cd/m}^2$ ja $L_{amb}/L_{min} \leq 1/4$
L'_{max}	$\geq 350 \text{ cd/m}^2$	$\geq 420 \text{ cd/m}^2$	$\geq 250 \text{ cd/m}^2$
$LR=L'_{max}/L'_{min}$	Kontrastisuhteen tulee olla vakio. Suositus on $LR=350$ kaikille toiminnanharjoittajan näytöille, niiden kategoriasta riippumatta. (Hyväksyttävissä rajoissa valinta $LR= 250-450$)		
Näytön luminanssivasteen poikkeama DICOM GSDf:stä: dL/L per JND ja $\Delta JND/GL$:n virhe	$< \pm 10 \%$	$< \pm 10 \%$	$< \pm 20 \%$
Näyttöparin näyttöjen poikkeama toisistaan [24]	$< \pm 10 \%$	$< \pm 10 \%$	$< \pm 10 \%$

7.2.5 Toimimattomat tai virheellisesti toimivat pikselit

Virheellisesti toimivat tai täysin toimimattomat pikselit/alipikselit tarkistetaan visuaalisesti koko kuva-alalta. Testikuvasarjana voi käyttää esimerkiksi TG270-sQC -testikuvan alaosassa olevia isoja mustan, harmaan ja valkoisen neliöitä suurennettuna tai TG270-ULN kuvasarjaa.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Sopivan testikuvasarjan eri harmaasävykuvien avulla tarkastetaan, näkyykö kuva-alalla pimeitä, täysin kirkkaita tai värilliseksi jumiutuneita (ali)pikseleitä.
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Primäärinäytöillä täysin kirkkaita pikseleitä tai alipikseleitä ei sallita.
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Mikäli virheellisesti toimivia pikseleitä tai alipikseleitä havaitaan, verrataan pikselien määrää takuuehtoihin ja otetaan tarvittaessa yhteys laitetoimittajaan. Toimimattomien pikselien/alipikselien luokittelu ja takuuehdot (takuuajan pikseliongelmissa) kannattaa tarkistaa laitetoimittajalta. Kirkkaiden ja toimimattomien pikselien ilmaantuessa takuujan ulkopuolella arvioidaan niiden kliininen merkittävyys. Tarvittaessa näyttö uusitaan.

7.2.6 Illuminanssi

Illuminanssilla tarkoitetaan työpistettä ympäröivän valon määrää.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Mittauksessa käytetään fotometriä sammutetun näytön keskeltä anturi katsojaan päin. Tulos ilmoitetaan lukseina (lux).
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Suositusraja sanelutiloissa on 25–75 lux [1], pelkästään mammografiatutkimusten sanelutiloissa 20–45 lux [5].
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Ensisijaisesti pyritään korjaamaan tilanne asettelemalla näytöt valaistuksellisesti parempaan paikkaan, ottaen huomioon esim. ikkunoista tai valaisimista tulevat valot ja heijastukset yms.

7.2.7 Heijastukset

Heijastukset häiritsevät kuvassa olevien kohteiden erotettavuutta, ja lähtökohtaisesti kuvankatselunäytöllä ei pitäisi olla havaittavissa muualta tilasta tulevia heijastuksia.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Spekulaarisia heijastuksia arvioidaan visuaalisesti sammutetulta näytöltä. Näytöllä ei saa näkyä erillisistä valonlähteistä peräisin olevia heijastuksia, eikä siitä saa erottua korkeakontrastisia kohteita.
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Ympäristön valonlähteistä peräisin olevia heijastuksia ei saa erottaa.
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Tarvittaessa muutetaan tilan valaistusolosuhteita tai näyttöjen asentoa tai paikkaa.

7.2.8 Luminanssin tasaisuus

Luminanssin tasaisuuden määrittämisellä tarkistetaan, että luminanssiarvo on tasainen koko kuva-alalla, eikä läiskikkyyttä esiinny.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Mittaus suoritetaan fotometrillä testikuvasarjan TG270-ULN 10 %:n ja 80 %:n harmaasävyjä käyttäen. Tuloksista lasketaan mittapisteiden luminanssien poikkeama mediaanista (LUDM).
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Primäärinäyttöillä tasaisuuspoikkeaman on oltava $LUDM \leq 30 \%$, ja yli 15 %:n poikkeama on syytä tarkistaa visuaalisesti. Mammografianäyttöille eurooppalainen suositus [7] suosittaa 80 % harmaasävyille tiukempaa rajaa: tasaisuuspoikkeaman on oltava $\leq 15 \%$.
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ:	Toimenpiderajan ylityessä näyttö kalibroidaan. Mikäli kalibrointi ei auta ongelmaan, näyttö uusitaan.

7.2.9 Värien hallinta

Kromaattisuus harmaasävyinäyttöillä (valkoisen sävy)

Harmaasävyinäyttöillä kromaattisuus määritetään valkoisen valon sävynä. Näyttöillä on niiden rakenteesta ja iästä riippuva valkoisen sävy (native white point). Valkoisen sävyn yhtenäisyys kuvantamisketjun eri osissa takaa kuvien yhtenäisen ilmiasun.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Mittaus suoritetaan näytön keskeltä käyttäen TG270-ULN kuvasarjan kuvaa ja kromaattisuuden mittaamiseen soveltuvaa mittalaitetta. Näytöstä mitataan valkoisen värikoordinaatit, ja muunnetaan ne CIE 1976 UCS -koordinaateiksi [1]. Saatuja koordinaatteja verrataan CIE standardiin D65 sekä näyttöpareissa toisiinsa ja muihin kuvantamisketjun näyttöihin.
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Primäärinäyttöillä poikkeama $D65(u',v')$:sta on oltava $\leq 0,01$ ja sekundäärinäyttöillä $\Delta D65(u',v') \leq 0,02$. Samana työaseman eri näyttöjen kromaattisuuseron on oltava $\leq 0,01$ ja kuvantamisketjun $\leq 0,02$. Optimaaliset rajat ovat puolta pienemmät kaikissa tapauksissa.
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Toimenpiderajan ylityessä täytyy arvioida poikkeaman klininen merkittävyys.

Värinäyttöjen värikalibraatio

Näyttöpaneelit tuottavat värit yleensä kolmea alipikseliä (punaista, vihreää ja sinistä) käyttäen. Näillä RGB-alipikseleillä tuotetaan yksittäisen pikselin kaikki sävyt riippuen niiden keskinäisistä kirkkaustasoista. Jotta näyttö kykenisi toistamaan kuvia tarkoitetuilla sävyillä, on sen kyettävä toistamaan riittävän monta sävyvaihtoehtoa jokaisesta väristä. Tämän on oltava vakio organisaation sisällä.

Värillisiä kuvia tuotetaan useilla modaliteeteilla ja merkintöjen lisäksi värejä käytetään myös diagnostiin tarkoituksiin. Värikalibraatio tulee oleelliseksi, kun kvantitatiivista tietoa esitetään värein, sillä DICOM GSDF määrittää vain harmaasävykalibraation. Radiologisten kuvien yhteydessä kansainvälisissä suosituksissa ei toistaiseksi ole esitetty värikalibraation suorittamista, mutta esimerkiksi patologian ja lääketieteellisten valokuvien tapauksessa väreillä on oleellinen merkitys [26].

Mikäli kuitenkin haluaa varmistua näytön värisuorituskyvystä, on testauksessa mahdollista käyttää tavallista värikalibraattoria (esim Datacolor Spyder ja X-Riten i1), jolloin toimenpiderajana voidaan pitää esimerkiksi $\leq 20\%$ sRGB-väriavaruuden virheelle, jota brittisuositus esittää läpivalaisu- ja isotoppikuvantamisen värinäytöille [11]. Jos mittauksen perusteella väriavaruus vaatii kalibrointia, on hyvä varmistaa, että väriavaruus ja DICOM GSDF on kalibroitavissa erikseen.

7.2.10 Bittisyvyys

8-bittinen paneeli kykenee toistamaan 256 eri harmaasävyä, 10-bittinen 1024 ja 12-bittinen 4096. Harmaasävygradienttia tarkastelemalla voidaan tarkistaa näytön toistamien harmaasävyjen virheettömyys.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Arvioidaan visuaalisesti TG270-sQC testikuvan harmaasävygradientteja.
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Gradientin tulee olla portaaton.
TOIMENPIDERAJAN YLITYSSÄ	Mikäli gradientissa havaitaan palkkimaisuutta tai raidallisuutta, tarkistetaan näytönohjaimen toimivuus ja asetukset, hankitaan tarvittaessa uusi näytönohjain sekä selvitetään näytön ja/tai näytönohjaimen takuehdot laitetoimittajalta.

7.2.11 Näytön harmaasävykalibrointi

Näytön harmaasävykalibrointi DICOM GSDF:n mukaiseksi voidaan tehdä pääsääntöisesti käyttäen kunkin valmistajan omaa laadunvalvontaohjelmistoa. Näytön mallista riippuen kalibrointi voidaan suorittaa käyttäen näytössä olevaa etusensoria tai ulkoista luminanssimittaria. Etusensorin kautta tehtävä automaattinen harmaasävykalibraatio voi olla oiva apu vuosittaisten laadunvalvontamittausten välissä. Tällöin on hyvä huolehtia

säännöllisesti etusensorin kalibroinnista ulkoisen mittarin avulla. Yksityiskohtaisemmat ohjeet kalibrointiin löytyvät laadunvalvontaohjelmien käyttöohjeista. Näytön kalibroinnin jälkeen on hyvä mitata ulkoisella mittarilla luminanssi- ja kontrastivasteet, sekä tarkistaa kuvanlaatu testikuvan avulla.

7.2.12 Resoluutio

Näytön erotuskyvyn tarkastaminen.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Arvioidaan visuaalisesti TG270-sQC-testikuvan viivaparikohteita. Kuva zoomataan 1:1 (100 %) ja arvioidaan näkyvätkö viivat pikselin tai värinäytössä RGB-alipikselien levyisenä. Tarvittaessa voi käyttää suurennuslasia apuna (ei kuvankatselimen suurennuslasifyökalua).
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Viivaparikohteet erottuvat tasaisina. Mustat ja valkoiset viivat erottuvat selkeästi toisistaan.
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Tarkastetaan, että näytönohjaimen asetuksissa näytön resoluutio on asetettu näytön ominaisresoluutiolle ja korjataan tarvittaessa. Mikäli asetukset ovat oikein, kannattaa tarkistaa näytön skaalaus (kts. skaalauksen tarkistus, 7.2.13). Jos kohteiden erottuminen ei tällä korjaannu, kyseessä on todennäköisesti laitevika näytönohjaimessa tai näytössä.

7.2.13 Skaalauksen tarkistus

Erytisesti Windows 10 -ympäristössä kuvankatselunäytön skaalaus voi aiheuttaa joidenkin kuvankatseluohjelmien toimimattomuutta.

TESTIN SUORITTAJA	Teknisten testien suorituksesta vastaava.
SUORITUSOHJEET	Tarkastetaan Windowsin työpöytäasetuksista, että kuvankatselunäyttöjen skaala on 100 %.
SUOSITELLUT TOIMENPIDERAJAT	Skaalan tulee olla 100 % työaseman kuvankatseluun tarkoitetuille näytöillä. Työaseman ns. RIS-näytöllä skaala voi poiketa tästä.
TOIMENPIDERAJAN YLITYESSÄ	Muutetaan skaala 100 %:iin.

Oppaassa käytetyt lyhenteet ja termit

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
ACR	American College of Radiology
AAPM	American Association of Physicists in Medicine
BW	Bitewing eli purusiivekekuvaus
CIE LUV 1976	Väriavaruuden määritelmä, jossa väriavaruus määritellään kolmen koordinaatin (L,u,v) avulla International Commission on Illuminance (CIE) 1976 mukaan.
CIE 1931	Väriavaruuden määritelmä, jossa väriavaruus määritellään kahden koordinaatin (x,y) avulla International Commission on Illuminance (CIE) 1931 mukaan.
CINE	Kuvasarja
CSDF	Color Standard Display Function. DICOM GSDF:ää vastaava väriavaruuden määrittely.
DICOM	Digital Imaging and Communication System in Medicine. Lääketieteessä käytettävien digitaalisten kuvien tallentamiseen, arkistointiin ja siirtämiseen luotu standardi.
FDA	Food and Drug Administration, Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto
GSDF	Grayscale Standard Display Function. Matemaattisesti määritelty JND-indeksien ja luminanssiarvojen välinen suhde.
IO	Intraoraali
JND	Just Noticeable Difference. Silmin havaittavissa olevien luminanssien pienin ero.
L	Luminanssi. Kuvaa näytön pinnalta lähtevää valon voimakkuutta. Mittayksikkö on kandela per neliömetri (cd/m ²).
L_{amb}	Ympäröivän valon heijastumasta aiheutuvan luminanssin osuus
L_{max}	Näytön DICOM-kalibroitu maksimiluminanssi
L'_{max}	Näytön DICOM-kalibroitu maksimiluminanssi, kun ympäröivän valon heijastukset on otettu mukaan ($L'_{max} = L_{max} + L_{amb}$).
L_{min}	Näytön DICOM-kalibroitu minimiluminanssi
L'_{min}	Näytön DICOM-kalibroitu minimiluminanssi, kun ympäröivän valon heijastukset on otettu mukaan ($L'_{min} = L_{min} + L_{amb}$).
LR	Näytön maksimi- ja minimiluminanssien välinen suhde (L'_{max} / L'_{min}).
lux	Ympäristön valaistusvoimakkuuden mittayksikkö (luksi)
MP	Miljoonaa pikseliä, käytetään kuvaamaan kuva-alkioiden määrä näyttömatriisissa.
MRI	Magneettikuvaus
PA	Posterior-anterior kuvaussuunta

PACS	Picture Archiving and Communication System. Laitteistoista ja ohjelmista koostuva järjestelmä digitaalisten kuvien tallentamiseen ja siirtoon.
PTG	Panoraamatomografia
RIS	Radiology Information System
SIIM	Society for Imaging Informatics in Medicine
SPR	Society for Pediatric Radiology
STUK	Säteilyturvakeskus
TT	Tietokonetomografia

Viitteet

1. Bevins NB, Flynn MJ, et al. Display quality assurance. The Report of AAPM Task Group 270. American Association of Physicists in Medicine (2019).
https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_270.pdf
2. Määräys STUK S/5/2019
<https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-s-5-2019#L3>
3. ACR–AAPM–SIIM Technical standard for electronic practice of medical imaging. Rev. 2022 (Resolution 48).
<https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/elec-practice-medimag.pdf>
4. ACR–AAPM–SIIM–SPR Practice parameter for digital radiography. Rev. 2022 (Resolution 47).
<https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/rad-digital.pdf>
5. ACR–AAPM–SIIM Practice parameter for determinants of image quality in mammography. Rev. 2022 (Resolution 46).
<https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/dig-mamo.pdf>
6. EUREF - European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. Fourth edition. European Commission, 2006.
<https://www.euref.org/downloads/4th-edition-guidelines>
7. EUREF - European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. Fourth edition. Supplements. S1 European protocol for the quality control of the physical and technical aspects of mammography screening. European Commission, 2013.
<https://www.euref.org/downloads/4th-edition-guidelines>
8. Suomen radiologiyhdistyksen fyysikot (SRF). Määräyksen S/5/2019 selkeytys.
<https://fyysikot.sry.fi/julkaisut/s-5-2019-maarayksen-selkeytys/>
9. Laki lääkinnällisistä laitteista 719/2021
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210719>
10. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2017/745, annettu 5 päivänä huhtikuuta 2017, lääkinnällisistä laitteista, direktiivin 2001/83/EY, asetuksen (EY) N:o 178/2002 ja asetuksen (EY) N:o 1223/2009 muuttamisesta sekä neuvoston direktiivien 90/385/ETY ja 93/42/ETY kumoamisesta.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:02017R0745-20170505>

11. Säteilylaki 859/2018
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180859#L5>
12. DICOM Standard Part 14. Greyscale standard display function. NEMA, 2022.
<https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/html/part14.html>
13. The Royal College of Radiologists. Picture archiving and communication systems (PACS) and guidelines on diagnostic display devices. Third edition, 2019.
<https://www.rcr.ac.uk/publication/picture-archiving-and-communication-systems-pacs-and-guidelines-diagnostic-display-0>
14. Hiwasa T, Morishita J, et al. Need for liquid-crystal display monitors having the capability of rendering higher than 8 bits in display-bit depth. *Radiological Physics and Technology* 2009; 2(1): 104–11.
<https://doi.org/10.1007/s12194-008-0051-0>
15. Kimpe T, Tuytschaever T. Increasing the number of gray shades in medical display systems--how much is enough? *Journal of Digital Imaging* 2007; 20(4): 422–432.
<https://doi.org/10.1007/s10278-006-1052-3>
16. Chrzan R, Urbanik A. The assessment of diagnostic medical images using 10-bit grayscale - fact or myth? *Polish journal of radiology* 2018; 83: e127–e132.
<https://doi.org/10.5114/pjr.2018.75877>
17. CIE 015:2018. Colorimetry, 4th edition. International Commission on Illumination, 2018.
<https://cie.co.at/publications/colorimetry-4th-edition>
18. Siitama, Eetu. Technical performance assessment and quality control of ultrasound device monitors. *Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto*, 2018.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201811152587>
19. Pawsey N. Ultraäänimonitoreiden laadunvalvontatellit. *Insinööriyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu*, 2020.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020060417106>
20. Abel JT, Ouillette P, et al. Display characteristics and their impact on digital pathology: A current review of pathologists' future "microscope". *Journal of Pathology Informatics* 2020; 11(1): 23.
https://doi.org/10.4103/jpi.jpi_38_20
21. Marchessoux C, Dufour AN, et al. Comparison display resolution on user impact for digital pathology. *Diagnostic Pathology* 2016; 1(8): 168.
<https://doi.org/10.17629/www.diagnosticpathology.eu-2016-8:168>

22. Hanna MG, Reuter VE, et al. Validation of a digital pathology system including remote review during the COVID-19 pandemic. *Modern Pathology* 2020; 33: 2115–2127.
<https://doi.org/10.1038/s41379-020-0601-5>
23. Bevins NB, Silosky MS, et al. Practical application of AAPM Report 270 in display quality assurance: A report of Task Group 270. *Medical Physics* 2020; 47(9): e920–e928.
<https://doi.org/10.1002/mp.14227>
24. Samei E, Badano A, et al. Assessment of display performance for medical imaging systems: Executive summary of AAPM TG18 report. *Medical Physics* 2005; 32(4): 1205–1225.
<http://dx.doi.org/10.1118/1.1861159>
25. Silosky M, Marsh RM. Constancy of built-in luminance meter measurements in diagnostic displays. *Medical Physics* 2013; 40(12): 121902.
<https://doi.org/10.1118/1.4829497>
26. Kimpe T, Rostang J, et al. Color standard display function: A proposed extension of DICOM GSDF. *Medical Physics* 2016; 43(9): 5009–5019.
<https://doi.org/10.1118/1.4959544>



ISSN 1799-9472

ISBN 978-952-309-546-5



STUK

Säteilyturvakeskus

Strålsäkerhetscentralen

Radiation and Nuclear Safety Authority

Jokiniemenkuja 1

01370 Vantaa

Puh. (09) 759 881 (vaihde)

www.stuk.fi