

Sisällysluettelo

Ajankohtaista STUKilta JOHTAJA EERO KETTUNEN, SÄTEILYTURVAKESKUS	14
Oikeutus säteilylle altistavissa tutkimuksissa – julkaistu opas hoitaville lääkäreille ja uudet suositukset ovat tekeillä LT, RADIOLOGIAN ERIKOISLÄÄKÄRI HELJÄ OIKARINEN, OYS	16
Säteilytyön luokittelu ja annosseuranta radiologian käytännöissä YLIFYYSIKKO MIKA KORTESNIEMI, HUS-KUVANTAMINEN	18
Mitä annossuureet kertovat – kokemuksia automaattisista annosseuranta- järjestelmistä YLIFYYSIKKO JYRKI RUOHONEN, SEINÄJOEN KESKUSSAIRAALA	22
Säteilysuojien käyttö potilaalla – uskomuksia ja faktaa KAROLIINA PAALIMÄKI-PAAKKI, OULUN AMMATTIKORKEAKOULU ..	25
Mihin hammaslääkäri tarvitsee kuvantamista ? EHL JYRKI TERVANIEMI, HAMMASLÄÄKETIETEELLINEN RADIOLOGIA	27
Hampaiston ja leukojen alueen KKTT-tutkimusten tekniikka ja sädeannokset FYYSIKKO TOUKO KAASALAINEN, HUS-KUVANTAMINEN	28
Kartiokeila-TT: Käyttöindikaatiot suu/hammasradiologiassa HLT, EHL ANNI SUOMALAINEN	30
Sydämen muiden sairauksien kuvantaminen: milloin TT ja milloin MK? RADIOLOGI MIIA HOLMSTRÖM, HUS-KUVANTAMINEN, SYDÄNTIIMI	32
Fuusiokuvantaminen kardiologiassa DOSENTTI, RADIOLOGI SAMI KAJANDER, VALTAKUNNALLINEN PET-KESKUS, TURKU	35

Akuutin aorttasyndrooman kuvantaminen	
LT NIKO SILLANPÄÄ, KUVANTAMISKESKUS (TAYS)	36
Rinta-aortan laajentuman seuranta	
PETRI SAARI, KYS RÖNTGEN	37
TAVI (transcatheter aortic valve implantation) = aortan tekoläpän asennus katetrin kautta	
LT, SYDÄNKIRURGI TIINA VAINIKKA, HUS	39
TAVI:n preoperatiivinen tietokonetomografia	
OYL, LT SARI KIVISTÖ, SYDÄNTIIMI, HUS KUVANTAMINEN	41
Molekulaarinen rintojen kuvantaminen – tulevaisuuden tekniikka?	
EL, DOS JUKKA KEMPPAINEN, TYKS, KLIININEN FYSIOLOGIA JA ISOTOOPPILÄÄKETIEDE, TURKU PET-KESKUS	43
Aiheuttaako varjoaineen käyttö TT-tutkimuksissa munuaisten vajaatoimintaa?	
LT, RADIOLOGI PETRI SIPOLA, KYS	45
Tieteellinen näyttö rintasyöpäseulontaa vastaan	
PROFESSORI MARJUKKA MÄKELÄ, THL	47
Tieteellinen näyttö rintasyöpäseulonnan puolesta	
PROFESSORI, RADIOLOGI PETER DEAN, TYKS, TY JA WHO	48
Miten saan diagnostiset skolioosikuvat lasta ja säteitä säästäen ja miten tulkitset ne?	
RH MARI PARKKINEN, LAST.RAD PÄIVIKKI TANSKANEN, OYS, LASTEN RÖNTGEN	50
Natiivikuvantaminen lapsen pahoinpitelyepäilyssä	
RH EIJA ÖRNMARK, HUS-KUVANTAMINEN / LASTENKLINIKAN RÖNTGEN	53
Röntgenkuvien tulkinta lapsen pahoinpitelyepäilyssä	
ANNA FÖHR, LASTENKLINIKAN RÖNTGEN, HUS-KUVANTAMINEN	55
Onko natiiviröntgenkuva riittävä? (oikeutusarviointi)	
PROFESSORI, RADIOLOGI SEPPO KOSKINEN, KAROLIININEN INSTITUUTTI	60
Digitaalisen kuvan synty ja anatomia	
APULAISFYYSIKKO TUOMO STARCK, OYS	61
Röntgenhoitajan päätöksenteko natiivikuvan arvioinnissa – Hyväksyä vai hylätä?	
KLIININEN ASiantuntija MERJA WIRTANEN, HUS-KUVANTAMINEN	64

Millainen on hyvä thoraxkuva tulkitsijan kannalta?	
RADIOLOGIAN ERIKOISLÄÄKÄRI TIINA-TALVIKKI LEHTIMÄKI, KYS ...	68
Thoraxin kuvantaminen – miten hyvä kuva saadaan?	
APULAISSASTONHOITAJA, RÖNTGENHOITAJA MERJA PERANKOSKI, KYS	69
Millainen on hyvä kaularangan natiiviröntgenkuva?	
ERIKOISLÄÄKÄRI SIRPA SAVILAHTI, TAYS RÖNTGEN	70
Miten otan hyvät kaularankakuvat?	
RÖNTGENHOITAJA OUTI SAVIJÄRVI, TAYS	72
Polven ja nilkan natiiviröntgenkuvaus	
ERIKOISLÄÄKÄRI SANNAMARI LEPOJÄRVI, OYS	73
Haastavaa natiivikuvantamista – Miten saadaan hyvät kuvat polvesta ja nilkasta?	
RÖNTGENHOITAJA HELI VIRENIUS, CAREA, POHJOIS-KYMEN SAIRAALAN RÖNTGEN	74

Ajankohtaista STUKilta

Johtaja Eero Kettunen, Säteilyturvakeskus

Poikkeava tapahtuma ja virheen voima

Toiminnassa on aina mukana mahdollisuus tehdä virheitä. Virheen seurauksena saattaa syntyä säteilyn käytön poikkeava tapahtuma. Muutaman viimeisen vuoden aikana ovat poikkeavien tapahtumien ilmoitukset Säteilyturvakeskukselle lisääntyneet. Tämä ilmoitusten määrän kasvu nähdään positiivisena kehityksenä koska aiemmin ilmoituksia tuli pääsääntöisesti vain silloin kun oli tapahtunut suuremman mittaluokan vahinko. Ilmoitusten lisääntyminen ei välttämättä kerro poikkeamien määrän suuresta kasvusta. Yhteisen oppimisen kulttuuria on ymmärretty ja virheiden yhteisen käsittelyn voimaa toiminnan kehittämisessä on toimipaikoilla ymmärretty. Poikkeamista keskustellaan mm. Säteilyturvakeskuksen järjestämällä neuvottelupäivillä ja seminaareissa. Keväällä 2015 järjestetyssä seminaarissa oli keskusteluyhteys toimijoiden kesken avointa ja keskinäinen luottamus vahvaa. Luottamusta rakennetaan päivittäin vastavuoroisten tekojen, avoimen viestinnän ja virheistä oppimisen myötä. Säteilyturvakeskus haluaa kannustaa kaikkia toiminnassa mukana olevia avoimesti tuomaan esille poikkeamat, tekemään korjausliikkeitä ja edistämään sitä kautta luottamusta rakentavaa avoimuutta.

Säteilylainsäädännön uudistus

Suomalaiset säteilysuojelusäännökset uudistetaan seuraavan neljän vuoden aikana vastaamaan viime vuoden tammikuussa julkaistun EU-direktiivin eli säteilysuojelun perusturvallisuusedirektiivin (BSS) vaatimuksia (2013/59/Euratom). Suomen nykyinen säteilylaki ja siihen liittyvät asetukset ovat peräisin 1990-luvun alkupuolelta. Säteilylakia on täydennetty vuosien varrella parikymmentä kertaa, joten asetuksineen se alkaa olla aikamoinen tilkkutäkki. Nykyisellään säteilylaki ei ole kaikilta osin myöskään 2000-luvun vaihteessa uudistetun perustuslain hengen mukainen. Säteilylain ja sen jatkona muiden säteilyalaan liittyvien säädösten uudistamista rytmittää säteilysuojelun perusturvallisuusedirektiivin voimaansaattamisen takaraja. Sen mukaisesti kansallisten säädösten tulee olla voimassa 6.2.2018 mennessä. Säteilylain ja siihen liittyvien asetusten uudistustyön vetovastuu on Sosiaali- ja terveysministeriössä (STM). Ministeriö asetti säteilylainsäädännön kokonaisuudistusta valmistelevan ohjausryhmän 15.1.2015. Lisäksi STM on asettanut eri erikoisaloille alatyöryhmät, joissa on alan ammattilaisia mukana.

Lähetesuositukset ajanmukaistusten tarpeessa

Hyvän lähetteen merkitys diagnoosin tekemiseen on ensiarvoisen tärkeä. EU:n uusi säteilysuojelun direktiivi edellyttää jäsenvaltioiden varmistavan, että potilaita kuvantamistutkimuksiin lähettävillä lääkäreillä on saatavilla lähettämissuosituksia (referral guidelines), joissa on tietoa myös kuvauksista potilaille aiheutuvista säteilyannoksista. Asia ei ole sinällään uusi. Kansainvälisessä keskustelussa on lähetesuositusten päivittäminen otettu yhdeksi tärkeäksi kehityskohteeksi. Kehitystyötä ovat olleet edistämässä ja kannustamassa Maailman Terveysjärjestö WHO, Kansainvälinen atomienergia-

järjestö IAEA, Euroopan komissio EC, Euroopan radiologiyhdistys ESR ja jotkut muut alan järjestöt. Suomalaiset radiologian asiantuntijat ovat osallistuneet lähetesuositusten kehittämistä koskeviin kokouksiin ja antaneet hyvän panoksen asian eteenpäin viemiseksi kansainvälisellä tasolla. Euroopan radiologiyhdistys (ESR) valmistelee Euroopan valtioille tarjottavaa lähettämissuositus- ja päätöksen tukijärjestelmää (ESR iGuide). Järjestelmää tarjotaan koekäyttöön moniin maihin ja sen yhteydessä on tarkoitus tehdä kansallisia räätälöintejä. Järjestelmien kehittämiseen ja koekäyttöihin liittyy vahvasti aina monenlaisia intressejä, joten kaikkea tarjolla olevaa on tarkasteltava ammattimaisen kriittisellä otteella ja huolellisuudella yllätysten välttämiseksi tulevaisuudessa. Mikäli asiassa on halua edetä, niin yhteistyö kaikkien sidosryhmien kanssa on tärkeää ja mukana tulee olla myös terveydenhuollon viranomaisten (STM) tuki ja ohjaus. Yhteistyö myöskin Pohjoismaisella tasolla on hyödyllistä.

Valvontaviranomaisten prosessien sähköistäminen ja kansalliset arkistointiratkaisut

Hallituksen kärkihankkeisiin kuuluu valvontaviranomaisten lupa- ja palveluprosessien sujuvoittaminen. Valvontaviranomaisten toimintaan pyritään saamaan digitaaliset työkalut ja mahdollistamaan sähköiset lupaprosessit. Säteilyturvakeskus on kehittänyt valvontarekistereitä vaihe vaiheelta digitaaliseen muotoon ja valmiuteen viimeisten vuosien aikana. Henkilöannosvalvonnan puolella pystytään jo tarjoamaan sähköisiä palveluja toiminnanharjoittajien valtuuttamille henkilöille. Tavoitteena on, että turvallisuuslupiin liittyvät hakemukset ja ilmoitukset voitaisiin toimittaa sähköisesti Säteilyturvakeskukseen ja luvanhaltijalla olisi mahdollisuus tarkistaa lupatietonsa verkon kautta. Rahoituskysymykset asian kehittämisessä ovat haasteellisia nykyisen valtion taloustilanteen vuoksi. Valtionhallinnon tavoite on, että Sosiaali- ja terveydenhuollon kansalliset tietojärjestelmäpalvelut mahdollistavat kertaalleen sekä julkisessa että yksityisessä terveydenhuollossa syntyneiden asiakas- ja potilastietojen hyödyntämisen kaikissa toimipaikoissa. Silloin myös tilastointi- ja rekisteritiedon keruu näiden palvelujen kautta helpottuisi. Sitä asiaa palvelisi hyvin kuvantamisen arkkitehtuuriratkaisuun perustuva kansallinen arkistointi, jossa kansalliset toimijat saavat kuvantamisen kansallisen arkkitehtuurin kautta tilastotietoa ja raportteja, jotka auttavat toimijoita toiminnan ja rakenneuudistusten suunnittelussa sekä tehtyjen investointien hyötyjen arvioinnissa. Näin pitkällä ei olla vielä aivan lähitulevaisuudessa. Siitä syystä Säteilyturvakeskus joutuu tekemään tutkimusmääriä koskevan kyselyn toiminnanharjoittajille erillisenä omana kyselynä vielä jonkin aikaa. Seuraava kysely tehdään vuoden 2016 alussa.

Oikeutus säteilylle altistavissa tutkimuksissa – julkaistu opas hoitaville lääkäreille ja uudet suositukset ovat tekeillä

LT, radiologian erikoislääkäri Heljä Oikarinen, OYS

Oikeutusarviointi on yksi säteilysuojelun kulmakivistä. Väestön säteilyaltistus on lisääntynyt viime aikoina globaalisti, ja on arvioitu, että noin kolmasosa säteilytutkimuksista ei olisi oikeutettuja, minkä vuoksi tutkimusten oikeutukseen on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota. Oikeutusarviointia pyritään tehostamaan erilaisin keinoin. STUK on julkaissut oppaan **Oikeutus säteilylle altistavissa tutkimuksissa – opas hoitaville lääkäreille**. Siinä oleelliset oikeutusarviointiin liittyvät asiat esitetään käytännönläheisesti ja tiiviisti yksien kansien välissä.

Säteilylle altistavan tutkimuksen tulisi vaikuttaa potilaan diagnoosiin tai hoidon valintaan. Koska ionisoiva säteily voi aiheuttaa altistuneelle henkilölle myös terveydellistä haittaa, on säteilyn käytön oltava aina oikeutettua. Jos tutkimus ei ole oikeutettu, se aiheuttaa turhaa lisäriskiä. Oikeutusarvioinnin peruseräpäätökset ja eri näkökohdat on esitetty oppaassa, samoin vastuunjako lähettävien lääkäreiden ja tutkimuksesta vastuussa olevien lääkäreiden ja röntgenhoitajien kesken. Oppaassa on myös luettelo tutkimuksista, joita pyydetään usein turhaan. Turhien, ei-oikeutettujen tutkimusten vähentäminen on yksi tehokkaimpia keinoja pienentää väestön säteilyaltistusta.

Oppaassa on tietoa siitä, mitä tulee huomioida erilaisten potilasryhmien, kuten lasten, raskaana olevien naisten tai vanhusten kohdalla. Eri kuvantamismenetelmät käydään myös läpi erityisesti potilaan kannalta katsottuna.

Lähtämssuositukset auttavat oikeutusarvioinnissa ja ohjaavat tutkimusten valintaa tietyissä kliinisissä tilanteissa. Lähtämssuosituksista on oppaaseen koottu luettelo. Suomessa ei ole tällä hetkellä kattavia, ajantasaisia suosituksia, joilla varmistettaisiin tutkimusten ja resurssien asianmukainen käyttö. Parhaillaan on kuitenkin tekeillä eurooppalaiset lähtämssuositukset, ns. ESR iGuide, jotka tultaneen ottamaan soveltuvalta osin käyttöön myös Suomessa. Uudet suositukset tulevat olemaan ns. päätöksentekijärjestelmän muodossa (clinical decision support, CDS), mikä helpottaa ja nopeuttaa niiden käyttöä. Suositukset ovat koekäyttövaiheessa.

Potilaan tulee saada etukäteen tietoa hänelle suunnitellusta säteilyaltistuksesta aiheuttavasta tutkimuksesta, sen avulla tavoitellusta hyödystä ja tutkimuksesta mahdollisesti aiheutuvista haitoista. Tiedon saatuaan potilas voi osaltaan hyväksyä suunnitellun tutkimuksen tai kieltäytyä siitä. Potilaiden informointi on satunnaista niin Suomessa kuin muissakin maissa. Muun muassa asenteet, vaikea ”säteilykieli” ja ohjeiden puute ovat rajoittaneet informointia. Oppaassa annetaan konkreettisia ohjeita: mitä kuuluu kertoa, miten annoksesta ja riskeistä voidaan jakaa tietoa ja kenen tehtävä informointi on.

Pyydettyä tutkimusta varten tarvitaan aina hyvä lähete, joka sisältää sekä oikeutusarviointiin vaikuttavat että muut kyseisen tutkimuksen kannalta oleelliset tiedot. Oppaassa kerrotaan, millainen on hyvä – tai huono – lähete. Ohjeissa korostetaan kysymyksenasettelun tärkeyttä. Keskeisiä syitä, joiden vuoksi kuvantamisyksiköissä joudutaan puuttumaan tutkimuksen oikeutukseen, ovat puutteelliset tai virheelliset lähetetiedot sekä epäily väärästä tai turhasta tutkimuksesta.

Opas on suunnattu erityisesti lähettäville lääkäreille, jotka ovat keskeisessä asemassa pohdittaessa tutkimusten oikeutusta, mutta siitä voi olla hyötyä myös kuvantamisen puolella. Kuvantamisyksiköiden henkilökunnan kannattaa ”markkinoida” opasta oman alueensa lähettäville lääkäreille. Opas löytyy osoitteesta <http://www.julkari.fi/handle/10024/126288>. Opasvihkosia voi myös tilata maksua vastaan STUKn palveluksesta, puh. (09) 759 881.

Säteilytyön luokittelu ja annosseuranta radiologian käytännöissä

Ylifyysikko Mika Kortesniemi, HUS-Kuvantaminen

Säteilytyön luokitteluun ja annosseurantaan liittyvä lainsäädäntö ja viranomaisohjeet perustuvat kansainvälisiin säteilyturvallisuusstandardeihin ja suosituksiin (ICRP 2007 ja 2011, IAEA 2014, EC 2013). Suomen kansallinen säteilylaki ja asetus ovat päivitettyinä uuden Euratom BSS direktiivin myötä. Uudistuva lainsäädäntö antaa aikanaan puitteet myös uudistuville viranomaisohjeille. Samalla on hyvä tarkastella myös käytännön radiologian työkenttää ja sen säteilyturvallisuuden nykytilaa.

Nykyinen lainsäädäntö ja viranomaisohjeet

Viranomaisohjeiden mukaan työntekijöille aiheutuvan säteilyaltistuksen suuruus ja siihen vaikuttavat tekijät on arvioitava ennakolta säteilyturvallisuustoimenpiteiden optimoimiseksi kaikissa työtilanteissa. Arvioinnissa on otettava huomioon myös mahdolliset tavanomaisesta poikkeavat työskentelyolosuhteet. Arvioinnin tuloksia on käytettävä hyödyksi myös työskentelyalueiden ja säteilytyötä tekevien työntekijöiden luokittelussa. Säteilylle altistuville työntekijöille on järjestettävä säteilyaltistuksen seuranta ohjeen ST 7.1 ja terveystarkkailu ohjeen ST 7.5 mukaisesti.

Säteilytyön luokittelu

Säteilytyötä tekevät työntekijät on luokiteltava ennen työn aloittamista joko säteilytyöluokkaan A tai B (säteilyasetus 10 §). Luokitus on tarkistettava määrävälein ja vähintään silloin, kun työntekijän tehtäväkuva muuttuu tai toiminnassa tapahtuu merkittäviä muutoksia. Säteilytyöluokkiin sijoittaminen tehdään arvioimalla paikalliset työolosuhteet ja kaikista säteilylle altistavista töistä työntekijälle aiheutuva kokonaisaltistus. Luokitusta tehtäessä on otettava huomioon myös työhön liittyvä potentiaalinen altistus.

Säteilytyöluokkaan A kuuluvat ne työntekijät, joille työstä aiheutuva efektiivinen annos on tai voi olla >6 mSv/y tai silmän mykiön ekvivalenttiannos >45 mSv/y (uuden Euratom:n mukaan >15 mSv/y) ja ihon, käsien ja jalkojen ekvivalenttiannos >150 mSv/y. Valvonta-alueella toistuvasti tai pitkiä aikoja työskentelevä kuuluu säteilytyöluokkaan A. Röntgendiagnostiikassa tämä tarkoittaa toistuvaa työskentelyä röntgenlaitteen läheisyydessä, kun säteilytys on käynnissä. Tähän ryhmään voi kuulua muun muassa säännöllisesti röntgenosastoilla, leikkaussaleissa, ensiapuasemilla ja potilasosastoilla läpivalaisu- ja kuvaustyöhön tai toimenpideradiologiaan osallistuvat henkilöt ja potilaita usein avustavat henkilöt. Raskaana oleva henkilö ei saa olla A-luokan säteilytyössä.

Säteilytyöluokkaan B kuuluvat ne säteilytyötä tekevät työntekijät, jotka eivät kuulu säteilytyöluokkaan A. Niitä työntekijöitä, jotka altistuvat niin vähäisessä määrin säteilylle, ettei heitä luokitella kumpaankaan säteilytyöluokkaan A tai B, suojellaan samoin perustein kuin väestön yksilöitä. Säteilytyöntekijöiden ja väestön annosrajat ovat uuden Euratom-direktiivin mukaan pääosin ennallaan, työntekijöiden ja harjoittelijoiden silmän linssien annosrajan alennusta lukuun ottamatta.

Annosseuranta

Säteilyasetuksen mukaan työntekijöiden säteilyaltistukseen vaikuttavien työolojen tarkkailu tulee järjestää siten, että se täyttää seuraavat vaatimukset: 1) tarkkailun perusteella voidaan todentaa, että työntekijät on asianmukaisin perustein luokiteltu säteilytyöluokkiin A ja B; 2) työntekijöiden säteilyaltistus voidaan määrittää; 3) ennalta arvaamattomat poikkeamat työntekijöiden säteilyaltistukseen vaikuttavissa tekijöissä voidaan viivytyksettä havaita. ST-ohjeen 7.1 mukaan säteilytyöluokkaan A kuuluvilla työntekijöillä on järjestettävä henkilöannosseuranta, jossa dosimetrin vaihtoväli on pääsääntöisesti 1 kk. B-luokassa vaihtoväli on 3 kk. Toiminnan harjoittajan tulee huolehtia siitä, että annostarkkailun tulokset ilmoitetaan asianomaiselle työntekijälle ja vastaavalle lääkärille.

Toiminnan harjoittajan on myös asetettava annostarkkailua koskevat selvitysraajat. Selvitysraajat tulisi asettaa myös työolojen tarkkailua varten, mikäli mahdollista. Selvitysrajoja voidaan käyttää turvallisuuden varmistamiseen sekä optimointiin ja laadunvarmistukseen. Jos mitattu säteilyannos on huomattavan suuri (lähellä vuosiannosrajaa tai sitä suurempi), toiminnan harjoittajan on viipymättä ilmoitettava asiasta Säteilyturvakeskukselle.

Terveystarkkailun sellaisessa röntgensäteilyn käytössä, jossa altistus voi olla suurta (annosmittarin lukema yli 20 mSv vuodessa), on käytettävä lisäksi toista annosmittaria suojaesiliinin alla. Toiminnan harjoittajan on tällöin arvioitava efektiivinen annos ottaen huomioon mm. suojaukset sekä työtavat ja -olosuhteet.

Ulkopuolisia työntekijöitä käytettäessä toiminnan harjoittajan on huolehdittava siitä, että työntekijöille on järjestetty säteilyaltistuksen seuranta ja terveystarkkailu. Annosseurannan ja terveystarkkailun järjestämisen voi hoitaa ulkopuolisen työntekijän oma työnantaja. Jos annosseurantaa ja terveystarkkailua ei ole järjestetty, on toiminnan harjoittajan järjestettävä nämä samalla tavalla kuin omille työntekijöilleen.

Suureet ja mittaustekniikat

Työntekijöiden annostarkkailun on perustuttava hyväksytyn annosmittauspalvelun tekemisiin henkilökohtaisiin annosmittauksiin tai muihin henkilökohtaisiin annosmäärittäyksiin. Annosmittauspalvelun on oltava akkreditoitu.

Työntekijöiden annostarkkailun dosimetreilla mitataan henkilöannosekvivalenttia. Henkilöannosekvivalentti $H_p(d)$ on annosekvivalentti syvyydellä d olevassa pisteessä kehon pehmytkudoksessa, yksikkönä sievert (Sv), ilmoitettuna suuruusluokkana mSv. Henkilöannosekvivalentti määritetään kovalla säteilyllä yleensä 10 mm:n syvyydellä sekä pehmeällä säteilyllä 0,07 mm:n syvyydellä iholle ja 3 mm:n syvyydellä silmälle. Henkilöannosekvivalenttia $H_p(10)$ nimitetään usein syväannokseksi ja henkilöannosekvivalenttia $H_p(0,07)$ pinta-annokseksi. Radiologian annosseurannassa syväannoksen kirjauskynnys on (A-luokassa) 1 kk:n mittausjaksolla 0,10 mSv ja (B-luokassa) 3 kk:n vaihtovälillä 0,30 mSv. Vastaavasti pinta-annoksella kirjauskynnykset ovat 1,00 mSv ja 3,00 mSv.

Perinteisesti annosseuranta on suoritettu passiivisella TLD-tekniikalla. Tulevaisuudessa aktiiviset henkilödosimetrit (APD – active personal dosimeter) voivat tarjota moni-

puolisemmat on-line seurantamahdollisuudet. Dosimetri tulee olla sijoitettuna vartalon etupuolelle, rintakehän alueelle, säteilysuojaimen päälle.

Työntekijän saama efektiivinen annos on huomattavasti pienempi kuin dosimetrilla mitattu syväannos, kun keho on pääosin suojattu ja syväannos mitataan säteilysuojaimen päältä. Mm. projektiosuunta ja kuvausjännite vaikuttavat konversiokertoimeen. Kerroin 1/30 syväannoksesta efektiiviseen annokseen on realistinen suuruusluokkarvio radiologiassa. 3 mSv:n syväannos vastaisi silloin 0.1 mSv efektiivistä annosta. Tämäkin yleensä yliarvioi annosta, kun työntekijä käyttää asianmukaisia henkilösuojaimia (lyijyessu + kilpirauhassuoja) (Siiskonen et al. 2007).

Tilannekartoitusta kentällä

Luennon taustaksi tehtiin suurpiirteinen kartoitus yliopistosairaaloiden käytännöistä kesällä 2015. Sen perusteella A-luokitukseen päädytään lähinnä vain säännöllisessä läpivalaisu-/angiotyötä tekevillä, jotka ovat lähellä säteilylähdettä eli potilasta ja röntgenputkea säteilytyksen aikana. Säteilytyöntekijöiden luokitteluun kokonaisuudessaan vaikuttaa sekä työn luonne että annosseurannan tulokset. Osassa yliopisto- ja keskussairaaloita B-säteilytyöluokassa on siirrytty käytännössä täysin ryhmädosimetrien käyttöön, eli henkilöannosseurannan sijasta tehdään työolojen tarkkailua, myös mm. osastokuvauksissa. Angiotyössä olevilla B-säteilytyöluokan työntekijöillä on säilytetty dosimetreja, mikäli työhön liittyy säännöllistä oleskelua kuvaushuoneessa toimenpiteen/läpivalaisun aikana. Vierailijat voidaan yleensä pitää kuvaushuoneen ulkopuolella säteilytyksen aikana, jolloin vierailijadosimetreja tarvitaan vain harvoin, jos olenkaan. Aktiivisten dosimetrien käyttö rajoittuu vielä tällä hetkellä koulutus, perehdytys ja suojausvarmistuskäyttöön. Tällöin ei siis ole kyse henkilöannosseurannasta, vaan täydentävästä annostarkkailusta ja -mittauksista, jossa jatkuvatoimisten aktiivisten dosimetrien tarjoama reaaliaikainen annosnäyttö ohjaa työskentelytapojen parantamisessa.

HUS-Kuvantamisen käytäntöjä ja tutkimustuloksia

HUS:n käytännön mukaan uutta henkilöä palkattaessa esimiehen on ohjattava työntekijä terveystarkastukseen työterveysasemalle ennen kuin työsopimus/virkamääräys tehdään. Todistus henkilön sopivuudesta työtehtävien hoitoon on oltava päättäjän käytettävissä sopimusta tehtäessä.

Esimies esittää säteilyn käytön vastaavalle johtajalle kirjallisesti uutta työntekijää A/B säteilytyöluokkaan. Vastaava johtaja vahvistaa esityksen harkintansa mukaan. Mahdollinen dosimetri voidaan tilata kun säteilytyöluokka on vahvistettu, todistus työterveyshuollosta saatu ja työsopimus on allekirjoitettu.

HUS-Kuvantamisen ohjeistuksen mukaan ryhmädosimetria käytetään henkilöannosseurannan ulkopuolisilla työntekijöillä silloin, kun joudutaan olemaan säteilyä tuottavan laitteen kanssa samassa huoneessa ilman suojaseinää. Tällaisia mahdollisia tilanteita ovat potilaan avustaminen/kiinnipito sekä angio- ja läpivalaisutoiminta. Jos säteilyaltistusta aiheuttavassa tilanteessa on kerrallaan useita työntekijöitä (jotka eivät kuulu henkilöannosseurantaan), ryhmädosimetri annetaan sille, joka todennäköisesti saa suurimman altistuksen – eli on lähimpänä primaarikeilaa ja potilaan säteilytettävää

kohdealuetta. Ryhmädosimetri kiinnitetään rintapieleen lyijyesiliinan päälle, eli samoin kuin henkilökohtaisen annosseurannan dosimetrikin. Vastaavan johtajan tapauskohtaisen harkinnan mukaan dosimetrin käyttötietoja voidaan kirjata tarkempaa työolojen arviointia varten. Ryhmädosimetrin vaihtoväli on 3 kk (kuten B-luokassa henkilöannosseurannassa) ja mikäli lukema ylittää kirjauskynnyksen, siitä ilmoitetaan vastaavalle johtajalle.

HUS-Kuvantamisella toteutettiin annosseurannan tutkimus vuonna 2011 (Lönnroth et al. 2012). Tutkimuksessa seurattiin 267 säteilytyöntekijän annoksia vuosilta 2006–2010. Seurantaan sisältyi 116 radiologia ja 151 röntgenhoitajaa. Lisäksi noin 360 säteilytyöntekijää huomioitiin 34 ryhmädosimetrillä suoritettuna työolojen tarkkailun kautta. Viiden vuoden seuranta-ajalla kirjauskynnyksen ylittäviä annoksia kertyi 73:lla työntekijällä (27% osuus), sis. 59 radiologia ja 14 röntgenhoitajaa. Radiologien 5v annosseurannassa kertynyt syväannos oli 57:llä alle 0.1 mSv:n kirjauskynnyksen, 23:lla 0.1–1.0 mSv ja 36:lla yli 1 mSv. Yli 10 mSv kerryttäneet radiologit olivat kaikki angiotyössä. Röntgenhoitajista 138:lla annos ei ylittänyt kirjauskynnystä, 13 hoitajalla annos oli 0.1–1.0 mSv, ja vain yhdellä röntgenhoitajalla syväannos oli yli 1 mSv (1,3 mSv). Vain kahdessa ryhmädosimetrissa oli kirjauskynnyksen ylittäviä annoksia.

Tutkimuksen perusteella HUS-Kuvantamisella A-säteilytyöluokitukseen voitaisiin päätyä annosseurannan tulos ja työnkuvat huomioiden noin kymmenen toimenpide-/angiotyötä tekevän radiologin kohdalla. Kaikki muut voisivat olla B-luokassa. Tarvittava dosimetrimäärä olisi noin 50 kpl. Tulevaisuudessa aktiiviset dosimetrit tulevat parantamaan annosseurannan ajantasaisuutta sekä kattavuutta, poikkeamien havaitsemista ja työtapojen kehittämistä.

Kirjallisuutta

- The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection – ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.
- Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations. ICRP Publication 109. Ann. ICRP 39 (1), 2009.
- International BSS – No. GSR Part 3, IAEA, 2014.
- European Council Directive 2013/59/EURATOM, EC, 2014.
- Säteilylaki 1991/592
- Säteilyasetus 1991/1512.
- ST-ohje 1.6, Säteilyturvallisuus työpaikalla, Stuk, 2006.
- ST-ohje 1.9, Säteilytoiminta ja säteilymittaukset, Stuk, 2008.
- ST-ohje 7.1, Säteilyaltistuksen seuranta, Stuk, 2014.
- ST-ohje 7.2, Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, Stuk, 2014.
- Lönnroth N, Hirvonen-Kari M, Timonen M, Savolainen S, Kortensniemi M. Transition in occupational radiation exposure monitoring methods in diagnostic and interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012 Aug;151(1):58–66.
- Siiskonen T, Tapiovaara M, Kosunen A, Lehtinen M, Vartiainen E. Monte Carlo simulations of occupational radiation doses in interventional radiology. *Br J Radiol*. 2007 Jun;80(954):460–8.
- Säteily ja turvallisuus-kirjasarja; osa 3 – Säteilyn käyttö, Stuk, 2004.
- Stuk:n säteilyn käytön kansalliset vuosiraportit, 2000–2015.

Mitä annossuureet kertovat – kokemuksia automaattisista annosseurantajärjestelmistä

Ylifyysikko Jyrki Ruohonen, Seinäjoen keskussairaala

Kuvaslaitteiden tulee ilmoittaa fysikaalinen (mitattava) annos siten, että potilaan annos voidaan tarvittaessa määrittää. Fysikaalista annosta mitataan esimerkiksi natiiviröntgentutkimus- tai läpivalaisututkimuslaitteella laitteeseen kiinteästi kiinnitetyllä pinta-ala annosmittarilla DAP(Dose Area Product)-mittarilla. Laskennallisesti voidaan määrittää projektiokohtainen pinta-annos (Entrance Surface Dose, ESD) potilaan ihon pinnalla, kun tunnetaan kuvaslaitteen säteilyntuotto ja kuvausarvot. Toisaalta esim. tietokonetomografiassa (TT) potilaan säteilyaltistuksen mittaaminen perustuu potilasta jäljittelevissä standardisoiduissa fantomeissa säteilykeilan ominaisuuksien mittaamiseen. TT-kuvaslaite ilmoittaa potilastutkimuksen annostietona standardi fantomeista mitatun painotetun annoksen ja pituuden tulon DLP (Dose Length Product). Lähtökohtaisesti fysikaalisen annoksen mitattava suure on pyritty määrittelemään niin, että suureen perusteella voidaan vertailla samantyyppisten tutkimusten annoksia eri laitteiden välillä ja toisaalta määrittämään potilasannos riittävällä tarkkuudella. Mitattuja annoksia ei tällöin kuitenkaan voida suoraan verrata toisiinsa eri kuvantamistekniikoiden välillä ja toisaalta myös mittayksiköt muuttuvat suureiden mukaan. Kuvaslaitteiden annosnäyttöjen osalta hankaluutta tuo myös standardoinnin puute, kun samantyyppisillekin kuvaslaitteille voivat eri laitevalmistajat käyttää erilaisia mittaussuureita ja mittayksikötkin vaihtelevat.

Kun fysikaalinen annos tunnetaan, voidaan potilaan efektiivisiä (elinkohtaisia) annoksia määrittää matemaattisin keinoin ns. Monte Carlo simulaatiolaskentaa käyttäen. Efektiivinen annos kuvaa säteilyn aiheuttamaa biologista kokonaisriskiä. Käytettävissä on valmiiksi määritettyjä fysikaalisen annoksen ja efektiivisen annoksen välisiä muunnoskertoimia useimmille tavanomaisille röntgentutkimuksille. Huomioida kuitenkin täytyy, että tarkkojen potilaskohtaisten annosarvioiden tekeminen on kuitenkin käytännössä mahdotonta, koska esimerkiksi potilaan yksilökohtaisten anatomisten ominaisuuksien huomiointi ei ole mahdollista ja elinannokset voivat riippua hyvinkin voimakkaasti säteilykeilan rajauksesta tarkasteltavan elimen suhteen. Muunnoskertoimien avulla arvioituja efektiivisiä annoksia voidaan kuitenkin verrata riittävällä tarkkuudella eri kuvausmodaliteettien välillä ja annoksia voidaan verrata myös luonnon-säteilyn tuottamiin annoksiin.

Automaattisten annosseurantajärjestelmien kehittämisen lähtökohtana on, että radiologiset kuvat noudattavat DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)-standardia, jolloin DICOM kuvatiedoissa (DICOM Header) on tallennettuna tutkimuksen annostiedot, kaikki kuvausparametrit ja potilastiedot. Lisäksi laitteet voivat tuottaa myös erillisiä Radiation Dose Structured Report (RDSR) muotoisia annosraportteja. Jotta näitä tietoja voitaisiin käyttää järkevästi, tarvitaan järjestelmä, joka poimii kiinnostavat tiedot DICOM-kuvatiedoista ja mahdollisista RDSR-muotoisista annosraporteista sekä tekee myös osaltaan automaattista analysointia kerätystä datasta. Tarjolla on nykyisin automaattisia annosseurantajärjestelmiä, jotka liitetään radiologiseen kuvaslaitteeseen ns. DICOM MPPS (Modality Performed Procedure Step)-liitännällä tai johon lähetetään laitteelta tutkimuksen tiedot RDSR-muotoisina annosraportteina

analysoitavaksi. Käyttäjällä on käytettävissä annosseurantajärjestelmään oma käyttöliittymä, jonka kautta kerättyä tietoa on analysoitavissa erilaisilla työkaluilla. Annosseurantaa ja käytettyjen kuvausparametrien tilastoajoa voidaan toteuttaa myös radiologian RIS(Radiology Information System)-järjestelmällä, jos kuvauslaitteessa ja RIS-järjestelmässä on DICOM MPPS-tuki. Lisäksi erityisesti angiografialaitteisiin on nykyisin saatavilla myös annosseurantajärjestelmiä, joilla voidaan seurata reaaliaikaisesti potilaan annoskertymää tutkimuksen aikana. Tarjolla olevia automaattisia annosseurantajärjestelmiä ovat mm. GE Dosewatch, Radimetrics/eXposure, QAELUM tqmlDOSE (Total Quality Monitoring dose), DoseMonitor (PACS Health), DoseTrack (Sectra), RADAR360 (MedPhys360) ja Philips DoseWise Portal

Automaattisten annosseurantajärjestelmien ominaisuuksia ovat esimerkiksi:

- Laiteliitäntä kuvauslaitteelta tehdään annosseurantajärjestelmän palvelintietokoneelle
- Annosseurantajärjestelmä voidaan integroida myös sairaalan RIS/PACS (Picture archiving and communication systems)-järjestelmään
- Annosseurantajärjestelmä toimii erilaisilla kuvausmodaaleilla ja on riippumaton kuvauslaitteen merkistä ja mallista.
- Annosseurantajärjestelmä toimii taustalla huomaamatta. Se kerää, tallentaa ja laskee annostietoja automaattisesti.
- Voidaan seurata potilaiden annostietoja (annoshistoriaa) eri laitteilta.
- Voidaan tarkastaa potilaskohtaisesti ja tutkimuskohtaisesti kuvausparametrit ja annostiedot.
- Voidaan käyttää järjestelmän keräämään dataan tilastointi- ja vertailutyökaluja, joiden avulla voidaan optimoida käytössä olevia kuvausprotokollia ja käytäntöjä
- Voidaan havaita kuvauskäytäntöihin liittyviä virheitä
 - esim. TT-tutkimuksen keskitysvirheet, kuvausalueen valinta, kV-arvojen valinta ja mA-moduloinnin toiminta
 - Vastaavasti angio- ja läpivalaisututkimuksista nähdään kuvausohjelma, pulssausnopeus, käytetyt kenttäkoot ja -suunnat sekä arvioitu potilaan ihoannos
- Voidaan luoda automaattisia raportteja
- Voidaan vertailla tutkimusten annostasojä kansallisiin standardeihin (STUK vertailutasoon)
- Saatavissa on haluttaessa sähköpostihälytykset ja/tai automaattinen raportti hälytyksistä

Luennolla esitetään kokemuksia Seinäjoen keskussairaalassa käytössä olevasta automaattisesta annosseurantajärjestelmästä.

Lähteitä ja tarjolla olevien kaupallisten annosseurantajärjestelmien WWW-sivuja:

- <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20116>
- <http://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.09.3462>
- <http://dicom.nema.org/>
- http://www3.gehealthcare.com/en/Products/Dose_Management/DoseWatch
- <http://www.radimetrics.com/>
- <http://www.qaelum.com/tqmdose>

- http://www.agfahealthcare.com/global/en/main/news_events/news/archive/he20150305_Ottig-nies.jsp
- <http://www.dosemonitor.com/>
- http://www.sectra.com/medical/dose_monitoring/index.html
- <http://www.primordialdesign.com/>
- <http://medphys360.com/radar360/>
- <http://www.usa.philips.com/healthcare/articles/dosewise>

Säteilysuojien käyttö potilaalla – uskomuksia ja faktaa

Karoliina Paalimäki-Paakki, Oulun ammattikorkeakoulu

ST-ohje 3.3. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa (2014) ohjeistaa seuraavasti:

”Röntgentutkimus on optimoitava niin, että tutkimukselle asetettu tavoite saavutetaan ja tutkittavalle aiheutuva säteilyaltistus on mahdollisimman pieni. Optimointi edellyttää muun muassa, että tutkimustekniikka on optimoitu, erityisesti huomioiden lapsipotilaat. Potilaan säteilyaltistuksen minimoimiseksi on tärkeää muun muassa, että säteilykeila rajataan huolellisesti tilanteen mukaan. Säteilysuojainten käyttö on hyödyllistä, jos suojaimen avulla voidaan olennaisesti vähentää potilaan säteilyaltistusta.”

Nykyaikaiset röntgentutkimuslaitteet mahdollistavat potilaan säteilyaltistuksen monipuolisen optimoinnin. Loppusilauksena voidaan käyttää sekä primäärikeilaa että sen ulkopuolelle sijoitettavia säteilysuojaimia. Primäärisäteilykeilassa suojaimia voidaan käyttää TT-tutkimuksissa; tavoitteena on tällöin paikallisten, elinkohtaisten suorien pinta-annosten vähentäminen lähinnä silmän linssin, kilpirauhasen ja rintojen kohdalla. Mahdollista on saavuttaa 30 % - 70 % annossäästö pinnallisissa elimissä ilman, että kuvien diagnostinen laatu kärsii paikallista pinta-artefaktaa lukuun ottamatta.

Varsinaisella kuvausalueella primaarisäteilyn alueella käytettävät suojaimet on valmistettu vismutista, primäärisäteilykeilan ulkopuolella käytettäviksi sopivat lyijystä valmistetut suojaimet. ICRP:n painotuskertoimia kuvaava taulukko (taulukko 1) voi toimia ohjeistavasti mietittäessä mitä elimiä primäärisäteilykeilaan tai sen välittömään läheisyyteen sijoittuu.

Elin tai kudus	Painotuskerroin	Ryhmän painotuskerrointen summa
Gonadit	0,08	0,08
Keuhkot, mahalauku, paksusuoli, punainen luuydin, rinnat	0,12	0,60
Kilpirauhanen, maksa, ruokatorvi, virtsarakko	0,04	0,16
Aivot, iho, luun pintakudokset, sylkirauhaset	0,01	0,04
Eturauhanen (mies) / kohtu (nainen), haima, imusolmukkeet, kateenkorva, lihakset, lisämunuaiset, munuaiset, ohutsuoli, perna, rintakehän ulkopuoliset hengitystiet, sappirakko, suun limakalvot, sydän	0,00923	0,12

Taulukko 1. Elinten ja kudosten painotuskertoimet (ICRP 2007).

Kuvantamisyksiköissä on useimmiten kirjalliset ohjeet säteilysuojaimien käyttöön, mutta käytännössä tutkimustilanteissa suojainten käyttöä ohjaavat myös muut tekijät. Säteilysuojelua pidetään keskeisenä ja tärkeänä osana röntgenhoitajan työtä, vaikka vaihtelevat ohjeet ja yhtenäisten käytäntöjen puuttuminen saattavat aiheuttaa hämmennystä. Useimmiten lasten ja raskaana olevien röntgentutkimuksissa säteilysuojainten käyttöön kiinnitetään erityistä huomiota. Yhtenäiset suojainkäytännöt saattavat vähen-

tää potilaiden säteilytutkimukseen liittyvää huolta ja suojainten käyttö voi potilaan niin pyytäessä olla perusteltua.

Lähteitä:

Röntgentutkimukset terveydenhuollossa ST-ohje 3.3. 8.12.2014. <http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lain-saadanto/saannosto/ST3-3>

Niemi, A. 2006. Röntgenhoitajien turvallisuuskulttuuri säteilyn lääketieteellisessä käytössä – Kulttuurinen näkökulma. Väitöskirja, Oulun yliopisto.

Mihin hammaslääkäri tarvitsee kuvantamista?

EHL Jyrki Tervaniemi, hammaslääketieteellinen radiologia

Kuvantamisella on olennainen merkitys hammaslääketieteellisessä diagnostiikassa. Kuvantamista tarvitaan, kun potilaan kliininen tutkimus ja löydökset eivät tuota diagnoosiin vaadittavaa informaatiota tai etsittäessä mahdollisesti taustalla olevia syitä jo olemassa olevalle vaivalle. Diagnoosi ei perustu pelkästään kuvantamislöydöksiin, vaan on anamneesin, kliinisen tutkimuksen sekä kuvantamislöydösten yhteistulos. Hammaslääketieteellisen kuvantamisen tulee aina perustua tapauskohtaiseen harkintaan, tutkimuksen oikeutus on aina mietittävä ennen kuvausta. Hammaslääkärin vastaanoton peruskuvantamiseen kuuluvat intraoraalikuvaukset sekä panoraamaröntgenkuvaukset. Intraoraalikuvilla saadaan tietoa yksittäisistä hampaista tai rakenteista, panoraamaröntgenkuvalla saadaan hyvä yleiskuva hampaiston ja leukojen tilasta. Tietokonetomografiat ja magneettikuvantaminen kuuluvat erikoishammaslääketieteelliseen käyttöön saatavuuden ja hintansa vuoksi, myös peruskuvantamista vaativampi diagnostiikka asettaa rajoituksia niiden käytölle.

Karies ja hampaiston kiinnityskudossairaudet ovat yleisimpiä suusairauksia väestötasolla. Intraoraalikuvauksella saadaan hyödyllistä tietoa kariestilanteesta ja hampaiston tukikudosten luutilanteesta. Myös yksittäisen hampaan tulehduksen diagnosoimiseksi intraoraalikuvaus yhdistettynä kliiniseen tutkimukseen antaa tarvittavan tiedon. Panoraamaröntgenkuvauksen indikaatioita ovat infektiotokuskartoitus, hampaiston ja leukojen alueen tulehdus-, tuumori- ja kystadiagnostiikka, protetiikkaan ja sukirurgiaan liittyvä toimenpidesuunnittelu, traumadiagnostiikka sekä oikomishoidon tueksi tehtävä hampaiston kehityksen ja hampaitten sijainnin arviointi. Leukanivelten arviointiin panoraamaröntgenkuva antaa kaksiulotteisen, rajallisen röntgennäkymän, lisäkuvantamisena hammaslääkärin vastaanotolla voi tehdä panoraamaröntgenlaitteistolla leukanivelten kuvantamisen lateraaliprojektiossa.

Hammaslääketieteelliseen erikoiskuvantamiseen kuuluu KKTT-, TT- sekä magneettikuvantaminen. TT- ja magneettikuvantaminen tehdään pääsääntöisesti erikoissairanhoidossa. KKTT-kuvantaminen hammaslääkärin vastaanotolla on lisääntynyt laitteiston yleistymisen vuoksi. Yleisimpiä KKTT:n kuvausindikaatioita hammaslääkärin vastaanotolla ovat alaleuan n. alveolaris inferiorin ja viisaudenhampaan välisen suhteen määrittäminen, keinojuurihoidon preoperatiivinen suunnittelu, puhkeamattomien hampaiden paikallistaminen sekä komplisoituneiden juurihoitojen lisäkuvantaminen. KKTT-laitteiston käyttö vaatii turvallisuusluvan, lisäksi sen käytöstä vastaavalla henkilöllä tulee olla laitteen käyttöön vaadittava kuulustelu suoritettuna. Kuvien tulkinta vaatii myös harjaantumista ja kokemusta, kuvien lausumisesta tulee vastata joko radiologian erikoislääkärin tai erikoishammaslääkärin.

Hampaiston ja leukojen alueen KKTT-tutkimusten tekniikka ja sädeannokset

Fyysikko Touko Kaasalainen, HUS-Kuvantaminen

Intraoraali-, panoraama- ja kefalometrialaitteet ovat yleisesti käytettyjä radiologisia kuvantamistekniikoita tutkittaessa hampaiston ja leukojen alueen sairauksia. Suun ja leukojen alueen kolmiulotteinen kudosgeometria on kuitenkin varsin monimutkainen, aiheuttaen perinteisessä projektiokuvauksessa haasteita etenkin päällekkäin kuvautuvien kohteiden osalta. Monileike-TT-laitteilla on mahdollista selvittää projektiokuvausta kattavammin useita suun alueen ongelmia, mutta nämä laitteet ovat kalliita, paikkaresoluutio monessa hampaiston ja leukojen alueen kuvantamisindikaatioissa riittämätön ja potilaan saamat sädeannokset paikoin korkeita. Viimeisen vuosikymmenen aikana käytössä on yleistynyt myös kartiokeilan geometriaan perustuvien erityisten hammaskartiokeila-TT-laitteiden (KKTT) käyttö, joiden hinta ja asennus ovat huomattavasti normaalia TT:tä huokeammat. KKTT-laitteille on ominaista myös korkea resoluutio ($\sim 0,1 \text{ mm}^3$) sekä pienempi kuvakenttä ($4 \times 4 \text{ cm}^2 - 23 \times 26 \text{ cm}^2$), jonka ulkopuolelle jää kuvauksen aikana osittain säteilytettyjä kudoksia. Osittaisesta säteilytyksestä johtuen kuvarekonstruktioon ei ole käytettävissä täydellistä vaimennusdataa, mikä aiheuttaa yhdessä suuremman sironnan kanssa sen, etteivät KKTT:n kontrastiominaisuudet vastaa kliinisen TT:n kuvanlaatua. KKTT-kuvausten pääkohteina ovatkin luurajapinnat.

Toisin kuin viuhkamaista säteilykeilaa hyödyntävissä monileike-TT-laitteissa, KKTT-laitteissa säteilykeila on kartionmuotoinen ja kuvauksessa kerätään yksittäisiä kaksikulotteisia projektiokuvia. Säteilyn havaitsemiseen käytetään nykyään pääasiassa suoradigitaalisia flat panel -detektoreita, jotka koostuvat pienistä aSi-TF-transistorielementeistä tai CMOS-kanavatransistoreista. Kummassakin ratkaisussa röntgensäteet muutetaan ensin tuikemateriaalissa näkyväksi valoksi, jonka jälkeen valo havaitaan valodiodeilla ja kunkin vokselin signaali kerätään erikseen projektiokuvia varten. KKTT-tutkimuksissa kerätään kuvattavasta alueesta laitteesta riippuen 128–1024 projektiokuvaa, joista muodostetaan kolmiulotteinen tilavuuspakka. Tästä volyymista rekonstruoidaan matemaattisten algoritmien avulla edelleen erisuuntaisia poikkileikkeitä diagnostiikkaa varten.

KKTT-tutkimuksista potilaalle aiheutuva säteilyrasitus vaihtelee huomattavasti käytetystä laitteesta, kuvausalueesta ja säteilytysparametreista riippuen. Kuvakenttä (FOV) tulee rajata aina indikaation tarpeiden mukaan, sillä FOV vaikuttaa oleellisesti säteilyannoksiin. Ludlow et al. (2015) raportoi kattavassa review-artikkelissaan keskimääräisiä efektiivisiä säteilyannoksia erikokoisilla kuvakentillä aikuisten suun alueen KKTT-tutkimuksissa: (1) iso FOV ($> 15 \text{ cm}$ korkeus, $212 \mu\text{Sv}$ ($46\text{--}1073 \mu\text{Sv}$)), (2) keskikokoinen FOV ($10\text{--}15 \text{ cm}$ korkeus, $177 \mu\text{Sv}$ ($9\text{--}560 \mu\text{Sv}$)), ja (3) pieni FOV ($< 10 \text{ cm}$ korkeus, $84 \mu\text{Sv}$ ($5\text{--}652 \mu\text{Sv}$)). Kilpirauhasen saama ekvivalenttiansiö riippuu oleellisesti kuvakentän asettelusta ja 3 cm keskitysvirhe voi tuottaa jopa 2–3 kertaisen ekvivalenttiansiön kilpirauhaselle (Koivisto et al. 2012). Kilpirauhasen saamaa säteilyannosta voidaan myös pienentää käyttämällä erillisiä kilpirauhasuojia, jolloin on kuitenkin varmistettava, ettei lyijysuoja tule kuvakenttään.

FOV:n lisäksi potilaan saamaan säteilyannokseen voidaan vaikuttaa erilaisilla säteilytysparametreilla. Säteilyn käytön optimointia voidaan tehdä mm. muuttamalla putkijännitettä potilaan koon mukaan, joskin kV:n valintamahdollisuudet (tyypillisesti 60–90 kVp) ovat KKTT-laitteilla usein rajalliset. Säteilyn spektriin ja tätä kautta myös potilaan säteilyannoksiin voidaan vaikuttaa myös röntgenputken suodatuksen kautta, vaikkakin käyttäjä kykenee harvoin suodatusta vaihtamaan. Myös putkivirran tai sähkömäärän optimointia tulisi tehdä potilaskohtaisesti annosoptimointia sekä kuvanlaatua silmälläpitäen. Tällä hetkellä käytössä olevat laitteet käyttävät pääosin kiinteitä putkivirtoja (1–32 mA), mutta tulevaisuudessa myös automaattiset putkivirran moduolit yleistynevät. Kuvauksessa käytettävä vokselikoko on valittava aina indikaation perusteella, sillä heikommalla paikkaresoluutiolla (vokselikoko tyypillisesti 0,1–0,4 mm) on mahdollista laskea potilaan säteilyannosta.

KKTT-laitteissa käytetään erityisen säteilytysgeometrian ja kuvantamistekniikan vuoksi sekä DAP- (valtaosa laitteista) että CTDI-annosformalismia. Varsinaisia vertailutasoja hampaiden alueen KKTT-tutkimuksille ei vielä ole olemassa, mutta DAP-arvo 250 mGycm² on otettu Euroopan Komission ohjeistuksessa saavutettavissa olevaksi annostasoksi ylämolaari-implanttien asennuksessa käytettäessä pienempiä kuvakenttiä (EC 2012).

Lähitulevaisuudessa siintää myös KKTT-laitteiden osalta siirtyminen iteratiivisten rekonstruktioiden käyttöön, jolloin kuvanlaatua saadaan parannettua ja säteilyannoksia pienennettyä. Myös detektori-teknologiassa ollaan ottamassa pieniä askeleita kohti ”photon counting” -detektoreiden suuntaa, jolloin erityisesti matalakontrastikohteiden näkyvyyttä saadaan parannettua.

Referenssit:

- Ludlow JB et al. Effective dose of dental CBCT – a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44:20140197.
- Koivisto J et al. Assessment of radiation exposure in dental cone-beam computerized tomography with the use of metal-oxide semiconductor field-effect transistor (MOSFET) dosimeters and Monte Carlo simulations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012;114:393–400.
- European Commission (EC). Radiation protection no. 172: Evidence based guidelines on cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2012. Available via ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/172.pdf

Kartiokeila-TT: Käyttöindikaatiot suu/hammasradiologiassa

HLT, EHL Anni Suomalainen

Kartiokeilatietokonetomografia (KKTT) on varsin uusi tulokas perinteisiin leikekuvantamismenetelmiin – tietokonetomografia (TT) ja magneettikuvaus (MK) – nähden. Se on kuitenkin jo laajalti käytössä oleva tarkka, kolmiulotteinen kovakudosrakenteiden kuvantamismenetelmä etenkin hammaslääketieteellisessä radiologiassa. Kovakudosrakenteiden tarkan kuvautumisen lisäksi sen etuna on perinteistä TT-tutkimusta pienempi säderasitus, laitteiston pienemmät hankinta- ja ylläpitokustannukset, helpompi saatavuus hammaslääketieteellisiin tarkoituksiin ja pienempi laitteiston koko verrattuna TT:hen. Toisaalta menetelmä soveltuu myös erilaisella laitesuunnittelulla pehmytkudosten kuvantamiseen. Alkujaan KKTT kehitettiin angiografisiin sovelluksiin ja hammaslääketieteelliseen käyttöön suunnitellusta KKTT-laitteista ensimmäiset julkaisut ilmestyivät 1990-luvun lopulla.

KKTT-laitteen röntgensäteilykeila on kartiomainen tai pyramidimainen. Kuvauksessa 180–360 asteen pyörähdysen aikana otetaan lukuisia kaksitasoprojektiokuvia kuvattavasta kohteesta, joista rekonstruoidaan kolmiulotteista tilavuusdataa, jossa on isometriset (yhdenkokoiset) kolmiulotteiset kuva-alkiot eli vokselit. Hampaiston kuvaukseen suunnitelluissa KKTT-laitteissa vokselin sivun mitta on pienimmillään selvästi pienempi kuin monileike-TT:llä mahdollistaen TT:tä paremman isometrisen resoluution. Kuten tavanomaisessa TT-tutkimuksessa kolmiulotteista tilavuusdataa voidaan tarkastella halutussa suunnassa sekä tehdä erilaisia haluttuja tasokuvia esim. panoraamanäkymä sekä 3D-kuvia. Edellä mainituista syistä johtuen KKTT-tutkimus soveltuu hyvin hampaiston ja leukojen alueen kuvakudosrakenteiden kuvantamiseen. KKTT-tutkimuksessa kuvakenttä (field of view = FOV) on sylinterin tai pallon muotoinen ja kuvakenttäkoot sekä niiden valintamahdollisuudet vaihtelevat laitteittain (muutamasta senttimetristä koko pään alueen kattaviin). Jos mielenkiinnon kohteena on puolestaan pehmytkudokset, on syytä käyttää konventionaalista TT-tutkimusta, MK:sta tai UÄ-tutkimusta kuvausindikaatio huomioiden. Kuvavirheet eli artefaktat aiheuttavat ongelmia KKTT-tutkimuksessa kuten TT-tutkimuksessa.

KKTT-tutkimuksen oikeutuksesta, optimoinnista ja kuvauskriteereistä hammaslääketieteellisessä käyttötarkoituksessa on laadittu suositukset niin Euroopassa kuin mm. Yhdysvalloissa. Lisäksi hiljattain on ilmestynyt eurooppalainen suositus hammaslääkäreiden koulutusvaateista KKTT:n käytössä. Suomessa STUK on päivittänyt Säteilyturvallisuus eli ST 3.1 eli ”Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa”-ohjeensa kattaen myös KKTT-laitteet.

Pääsääntönä on, että KKTT-tutkimusta käytetään lisätutkimuksena tilanteissa, joita ei voida ratkaista perinteisin hammasröntgentutkimuksin – panoraama- ja/tai intraorallikuvauksella –, kun mielenkiinnon kohteena ovat kovakudosrakenteet. Suomessa KKTT:n käyttöindikaatiot hammaslääketieteessä noudattavat eurooppalaisen Seden-
textin (European Commission 2011) suosituksia. On kuitenkin syytä huomioida, että KKTT:n käytöstä hampaiston ja leukojen alueen kuvantamisessa kuten muutoinkin tehdään runsaasti tutkimustyötä ja ohjeistuksia päivitetään tämän mukaisesti.

- European Commission. Radiation protection no. 172: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. A report prepared by the SEDENTEXCT project. Luxembourg:EC; 2011 Saatavilla: http://www.sedentexct.eu/files/radiation_protection_172.pdf
- Brown J, Jacobs R, Levring Jäghagen E, Lindh C, Baksi G, Schulze D, Schulze R. Basic training requirements for the use of dental CBCT by dentists: a position paper prepared by the European Academy by DentoMaxilloFacial Radiology. *Dentomaxillofac Radiol* 2013;43:20130291.
- ST 3.1 Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa, 13.6.2014. Saatavilla: <http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/ST3-1>
- Suomalainen A. Cone beam computed tomography in oral radiology. Thesis. Yliopistopaino, Helsinki 2010.
- Suomalainen A, Koskinen SK. Kartiokeilatietokonetomografia ja sen kliiniset sovellukset. *Duodecim*. 2013;129(10):1037–1043.
- Suomalainen A, Korttesniemi M, Koskinen S. Kartiokeilatietokonetomografian käyttö kliinisessä lääketieteessä. *Lääkärilehti* 2015;16:1063–1070.

Sydämen muiden sairauksien kuvantaminen: milloin TT ja milloin MK?

Radiologi Miia Holmström, HUS-Kuvantaminen, sydäntiimi

Tietokonetomografia (TT) soveltuu sepelvaltimoiden lisäksi hyvin sydämen lokeroiden sekä läppien anatomian ja funktion tutkimiseen, sydänpussin, oikovirtausten ja aortan sairauksien kuvaamiseen. Sydämen magneettikuvaus (MK) on hyvä sydämen funktion ja sydänlihaskuutoksien arvioinnissa sekä läppävuotojen arvioinnissa.

Sydämen TT:n indikaatiot

Tietokonetomografialla saadaan arvokasta lisäinformaatiota sydänpussin sairauksista. Sydänpussin paksuus, kalkkeumat, neste, tulehdus (perikardiitti), kystat, tuumorit ja sydänpussin harvinainen synnynnäinen puuttuminen voidaan havaita. Tuumorin tiheysarvojen perusteella voidaan päätellä sisältääkö tuumori rasvaa, nestettä vai solidia komponenttia. Kalkit näkyvät parhaiten ilman varjoainetta tehdyssä tutkimuksessa.

Eteisvärinäpotilailla ennen ablaatiohoitoa voidaan tutkia eteiskorvakkeen ja keuhkolaskimoiden anatomiaa sekä poissulkea trombi. Suunniteltaessa eteiskorvakkeen sulakutoimenpidettä, voidaan mitata korvakkeen aukon kokoa.

Oikovirtausten tutkimisessa TT antaa lisätietoa silloin, kun löydös jää epäselväksi ultraäänitutkimuksessa tai oikean puolen katetrisaatiassa. Eteis- ja kammioväliseinien aukot (ASD, VSD) ja osittain poikkeava keuhkolaskimopaluu näkyvät hyvin. Normaalisti keuhkolaskimot laskevat vasempaan eteiseen, mutta osittain poikkeavassa keuhkolaskimopaluussa laskukohtia voivat olla oikea eteinen, ylä- tai alaonttolaskimo, siltalaskimo (vena brachiocephalica), maksa- tai porttilaskimo. Ns. sinus venosus tyyppiseen ASD:hen voi liittyä myös osittain poikkeava keuhkolaskimopaluu.

Sydänläppien rakennetta, avautumispinta-alaa sekä vuodon pinta-alaa voidaan tutkia retrospektiivisesti EKG-tahdistetulla kuvauksella. Keinoläppinen toimintaa, mahdollisia märkäkertymiä ja tulehduskudosta/arpea (pannus) voidaan myös kuvata. Pannus voi aiheuttaa sen, että läppien avautumiskulmat jäävät alle suositusten huonontaan näin läpän toimintaa. Postoperatiiviset pseudoaneurysmat ja fistelit näkyvät luotettavasti TT:lla. Virtausmittauksia TT:lla ei voi tehdä, joten läppävuotoja ei voi arvioida.

Sydämen preoperatiivinen kuvaus ennen perkutaaniläpän asennusta (asennus nivus- tai kaulalaskimon kautta katetrilla) on lisääntymässä. Läppäaukkojen, keuhkovaltimohomografin ja aortan tarkat ulottuvuudet voidaan määrittää ennen toimenpidettä TT-tutkimuksella. Toimenpide tehdään yleensä synnynnäistä keuhkoläppävikaa sairastaville potilaille, joilla on alunperin vika korjattu homograftilla ja joka on alkanut uudelleen vuotaa tai ahtautua. Katetritekniikalla voidaan asentaa myös aorttialäppiä (TAVI = transcatheter aortic valve implantation).

Sydämen TT on hyvä tutkimus synnynnäistä sydänvikaa sairastaville potilaille, joille magneettikuvaus ei ole indisoitu kehon metalliosien, tahdistimen, hylättyjen johtojen tai klaustrofobian vuoksi. TT:lla voidaan selvittää vaikeaa anatomiaa postoperatiivisessa seurannassa. Valtasuonten transpositio potilaiden valtimo- ja laskimotunneleiden avoimuutta voidaan seurata samoin kuin Fontan tunneleiden / Glennin shunttien tilan-

netta potilailla, joilla on yksikammioinen sydän. Oikean puolen funktiota voidaan mitata ja seurata. TT soveltuu myös hyvin aortankaaren poikkeavuuksien kuvantamiseen (esim. aortan koarktaation postoperatiivinen seuranta).

TT:n esivalmistelut ja kuvauksen toteutus

Tarvittaessa ennen tutkimusta annetaan B-salpaajaa p.o tai iv. sykkeen alentamiseksi ja tasaamiseksi (Procoralan 5–10 mg p.o tai Seloken 5mg/ml iv.). Sydämen TT-tutkimuksessa syketaajuus voi olla suurempi kuin sepelvaltimoiden TT:ssa.

EKG-tahdistus on tärkeä osa kuvausta. Kuvauksessa käytetään joko prospektiivista (sekvenssi) tai retrospektiivista (spiraali) tahdistusta riippuen syketasosta ja kuvausindikaatiosta. Retrospektiivisessä tahdistuksessa sädeannos on suurempi, mutta se ei ole niin altis sydämen rytmin vaihteluille, lisäksi molempien kammioiden volumetrioiden ja funktion laskeminen on mahdollista.

Ennen kuvausta nitrosuihke, jos halutaan myös kuvantaa sepelvaltimot. Valitaan yksivaiheinen tai kaksivaiheinen varjoainebolus. Kaksivaiheista bolusta käytetään, kun halutaan täyttää sydämen molemmille puolille (esim. molempien kammioiden volumetria, keuhkovaltimoiden sekä aortan tutkiminen samassa tutkimuksessa, tunneleiden avoimuus). Kuvauksen jälkeen rekonstruoidaan sopivat faasit ja jälkikäsitellään kuva-data.

Sydämen MK:n indikaatiot

Sydämen magneettikuvaukseen ohjataan potilaita, joilla on epäselvästä syystä ilmaantunut sydämen vajaatoiminta, pahanlaatuinen johtumishäiriö, äkkikuolemaan johtanut rytmihäiriö. Yleensä tällöin etsitään tulehduksellista sydänlihassairautta (esim. myokardiitit, sarkoidoosi, jättisolumyokardiitti) tai kertymäsairautta (esim. amyloidoosi). Kuvausaiheisiin kuuluu myös kardiomyopatioiden tarkempi diagnostiikka. Kardiomyopatoista yleisimpiä ovat sydänlihasta paksuunnuttava, laajentava ja trabekuloiva kardiomyopatia. Myös infaktiarien laajuutta voidaan arvioida. MK:lla voidaan tutkia myös sydämen tuumoreita.

Magneettikuvauksella seurataan myös synnynnäisiä sydänvikoja, yleisimpinä leikatut Fallotin Tetralogia- ja valtasuonten transpositio-potilaat: Sydämen läppävuotojen ja -ahtaumien arviointi niin synnynnäistä sydänvikaa sairastavilla kuin muilla potilailla on tärkeää.

Sydämen MK:n esivalmistelut

Sydämen magneettikuvauksessa ei käytetä yleisesti sykettä hidastavia lääkkeitä. Klaustrofobia-potilaille voidaan tarvittaessa antaa Diapamia/Stesolidia. Myös MK tehdään EKG-tahdistuksessa. Mainittakoon, että runsas pleuranesteily huonontaa kuva-laatua etenkin sydänlihasta arvioitaessa ja pleurapunktio tulisi tehdä edeltävästi, jos mahdollista. Kuvausaika on yleensä n. ½ tuntia. Kuvauksessa on paljon hengityspidätyksiä, mutta myös vapaanhengityksen sekvenssejä voidaan huonokuntoisilla potilailla käyttää. Tahdistinpotilaiden soveltuvuus arvioidaan etukäteen rytmikardiologin ja radiologin toimesta, tahdistin säädetään asianmukaisesti ennen ja jälkeen kuvauksen.

TT:n ja MK:n edut

Tietokonetomografia on nopea tutkimus ja sillä on erinomainen paikanerotuskyky. Isotrooppinen vokselikoko mahdollistaa 3D-datan muokkaamisen eri suunnissa. Voidaan tarkastella pieniä rakenteita kuten sepelvaltimoita, keuhkolaskimoita ja sydämen väliseinien aukkoja. Aikaresoluutio on magneettikuvausta huonompi, mutta sydämen funktion tutkiminen nykylaitteilla on mahdollista. Vasta-aiheina on pidetty eteisvärinää ja runsasta lisälyöntisyyttä, mutta uusimmilla laitteilla myös näiden potilaiden kuvaaminen on mahdollista, varsinkin kun tarkastellaan sepelvaltimoita isompia rakenteita. Vasta-aiheiksi voidaan katsoa kykenemättömyys pidättää hengitystä, jodiallergia, raskaus tai huomattava lihavuus (BMI > 40) ja munuaisten merkittävä vajaatoiminta.

Magneettikuvauksessa ei ole säderasitusta. MK:n aikaresoluutio on hyvä mahdollistaen sydämen funktion tarkan mittaamisen. MK:lla voidaan arvioida sydänlihaksen muutoksia ja tehdä virtausmittauksia. Magneettikuvauksen pidempi kuvausaika ja usein hankalampi saatavuus ovat haittoja. Kontraindikaationa ovat klaustrofobia, metalli-implantit, hylätyt tahdistinjohdot. Tahdistinpotilaita voidaan kuvata tarkan harkinnan varaisesti.

Fuusiokuvantaminen kardiologiassa

Dosentti, radiologi Sami Kajander, Valtakunnallinen PET-keskus, Turku

Vaikka perinteinen verisuonten varjoainokuvaus onkin edelleen käytetyin sepelvaltimotaudin kuvantamistapa, on sekä sepelvaltimoiden anatomian että sydänlihaksen verenvirtauksen (perfuusio) kajoamaton arvio yhä useammin sen vaihtoehto. Tällöin erityisesti tietokonetomografian (TT) ja positroniemissiotomografian (PET) yhdistelmä on houkutteleva, sillä samalla kerralla voidaan selvittää sekä suonten mahdolliset ahtaumat että niiden aiheuttama sydänlihaksen hapenpuute. Menetelmä on erityisen tehokas käytettäessä verenvirtauksen mittausta, ja on tällöin tarkkuudeltaan verrattavissa perinteisen varjoainetutkimuksen ja painevaijerimittauksen yhdistelmään. Tutkimuksen aiheuttamaa säderasitusta voidaan merkittävästi vähentää käyttämällä uuden aikaisia TT-tekniikoita.

TT-menetelmällä kuvattu sepelvaltimoiden kajoamaton angiografia on osoittautunut hyväksi tutkimusmenetelmäksi, jota voidaan käyttää perinteisen sepelvaltimoiden varjoainekuvauksen vaihtoehtona epäillyn tai jo todetun sepelvaltimotaudin tutkimisessa. Vaikka normaali löydös TT-angiografiassa sulkeekin luotettavasti pois sepelvaltimotaudin mahdollisuuden, menetelmällä ei voida tarkasti arvioida todetun ahtauman merkittävyyttä. Tämä voidaan kuitenkin tutkia PET (tai SPECT)-kuvauksella. Hybridilaitteella voidaan siten samalla kerralla tutkia sekä sepelvaltimoiden anatomiaa että sydänlihaksen toimintaa.

Lisäämällä TT-tutkimukseen perfuusiokuvaus voidaan tutkimuksen diagnostista tarkkuutta ja ennustearvoa parantaa merkittävästi. Hybridikuvantaminen yhdistää anatomian ja funktion, jolloin tutkimusmenetelmät korjaavat toistensa puutteita. Tutkimus on helposti toteutettavissa yhden potilaskäynnin aikana kohtuullisella sädeannoksella.

Akuutin aorttasyndrooman kuvantaminen

LT Niko Sillanpää, Kuvantamiskeskus (TAYS)

Akuutilla aorttasyndroomalla (AAS) tarkoitetaan seuraavia tautitiloja: aortan dissekoituma, penetroiva aorttaulseraatio ja intramuraalinen hematooma (sekä oireileva rinta-aortan aneurysmaattinen dilataatio). Oireina on yleensä rinnan alueen ja lapojen välinen kipu, hemodynamiikan epästabiilius ja pääte-elinten tai raajojen hypoperfuusiosta mahdollisesti aiheutuvat oireet. AAS:n riskitekijöitä ovat verenpainetauti, ateroskleroosi (ASO), diabetes, dyslipidemia, bicuspinen aorttaläppä, koarktaatio ja tämän jälkitila, Marfanin syndrooma ja muut suonenseinän sidekudossairaudet sekä inflammatoriset aortan sairaudet (vaskuliitit, infektiot).

Aortan dissekoitumalla tarkoitetaan aortan sisäkerroksen (intima) repeämää, jolloin veri pääse virtaamaan aortan seinämän kerrosten väliin. A-tyypin dissekaatiossa repeämäkohta on nousevassa aortassa tai aortan kaarella, B-tyypissä laskevan aortan puolella (Stanford-luokitus). Paras kuvantamismenetelmä on aortan TT-tutkimus, jonka tarkkuutta parantaa kuvauksen EKG-tahdistus (gating) ja hengityspidätys. Tutkimuksen jälkeen tehdyssä EKG-tahdistuksessa säteilyannos kasvaa.

Penetroivalla aorttaulseraatiolla (PAU) tarkoitetaan ateroskleroottisen plakin ulseraatioitumista valtimon seinämäkerrokseen. Yleisin etiologia on vaikea-asteinen ASO-taudissa. PAU on yleisin syy sakkulaarisen aneurysman muodostumiseen ja altistaa aortan dissekoitumiselle. Paras kuvantamismenetelmä on aortan TT-tutkimus.

Intramuraalisella hematoomalla (IMH) tarkoitetaan aortan seinämän kerroksien väliin tapahtuvaa verenvuotoa. Perinteisesti on ajateltu, että etiologiana on valtimon seinämän vasa vasorumin spontaani repeämä, mutta huonosti havaittavan intima-repeämän mahdollisuutta on pohdittu viime aikoina. Paras kuvantamismenetelmä on aortan TT-tutkimus.

YHTEENVETO: Akuutin aorttasyndrooman kuvantamisessa TT-tutkimus on ensisijainen menetelmä. Arteria-vaiheessa tehty varjoainetutkimus on riittävä (MPR-reformaatit) ja tutkimuksen tarkkuutta voidaan parantaa EKG-tahdistuksella (aortan tyvi). Kaksivaiheisella, tahdistetulla kuvauksella voidaan tehdä ns. triple-rule-out CT: aluksi pulmonaaliarteroiden TT, jonka jälkeen kuvataan aortta ja koronaarit EKG-tahdistetusti.

Rinta-aortan laajentuman seuranta

Petri Saari, KYS röntgen

Rinta-aortan aneurysman esiintyvyys on vuositasolla n. 5,9/100 000. Kyse on siis verrattain harvinaisesta taudista, mutta toisaalta oireiseksi äityessään hyvinkin dramaattisesta tilasta ja arviolta 80 % potilaista, jotka saavat aortan repeämän, menehtyvät. Aortan repeämän tai dissekaation riski kasvaa voimakkaasti, kun aortan läpimitta kasvaa yli 6 cm, joten riskipotilaat olisi hyvä saada ajoissa seurantaan ja tarvittaessa hoitaa elektiivisesti. Yleensä operatiivisen hoidon rajana pidetään 5,5 cm läpimittaa tai jos aortta kasvaa yli 0,5 cm vuodessa. Tiettyihin geneettisiin syndroomiin, kuten Marfan, Loyes-Dietz, Ehlers-Danlos, Turner sekä bikuspinen aorttaläppä, liittyy tavanomaista suurempi riski saada aorttakomplikaatioita, joten näillä potilailla leikkausraja pidetään 4–5 cm läpimittaa. Nousevan aortan normaaliläpimitta on yleensä alle 4 cm, kaaren tasolla läpimitta pitäisi olla alle 3,5 cm ja palleatasossa läpimitta ei saisi ylittää 3 cm.

CT- ja MRI-kuvauksella pystytään aortan laajentuma diagnosoimaan ja tarvittaessa seuraamaan tarkasti ja luotettavasti. Kuten tiedetään, CT kuvaukseen liittyy aina säde ja varjoainerasitus. MRI-kuvauksella nämä ongelmat vältetään, mutta sen saatavuus on huomattavasti huonompi. MRI on toisaalta myös huomattavasti herkempi metalliartefaktoille.

Aortan tyveen tulee sydäimestä liikeartefaktaa, minkä vuoksi kuvaus täytyy tahdistaa EKG:n mukaan. CT-kuvauksessa on syytä aina käyttää EKG:n mukaan säätyvää annosmodulaatioita, jossa putkivirta nostetaan diagnostiselle tasolle vain mielenkiinnon kohteena olevan faasin, esim. diastolen, ajaksi ja muun ajan se pudotetaan 20 %:iin tai alle tämän. Tämä prospektiivinen geittaus vähentää sadeannosta huomattavasti. Sadeannosta voidaan edelleen pudottaa 50–75 % käyttämällä ns. sekventiaalista kuvausta, jossa putkivirta tiputetaan nolleen väliaikoina. Tällöin tosin kuvadatasta menetetään kaikki muut sydämen faasit.

MRI-kuvauksessa kannattaa käyttää ilman varjoainetta tehtävä SSFP-sekvenssiä, joka on ekg- ja hengitystahdistettu. Kuvaus on 3D sekvenssi ja se tehdään rinta-aortan kohdalla viistosagittaalisuunnassa. Tästä datasta on mahdollista tehdä vapaissa leikesuunnissa MPR-rekonstruktioita.

Rinta-aortan läpimitat tulisi mitata aina aortan kulkusuuntaan nähden poikittain käännetyistä MPR-leikkeistä ulkoseinästä ulkoseinään. Mittaukset on syytä ilmoittaa aina samoilta, ennalta sovituilta tasoilta (8 kpl) ja mittakuvat pitäisi taltioida, jotta seurantamittauksen tekijä voi arvioida mahdollista kasvunopeutta.

Oma erityisongelmansa seurannan kannalta on perinnöllinen kaksikuspinen aorttaläppä. Tämä tila altistaa aortan laajentumalle ja nämä potilaat pitäisi tunnistaa, koska myös heidän 1. asteen lähisukulaiset pitäisi myös seuloa. Kaksikuspinen aorttaläppä on n. 2 % väestöstä. Usein tila voidaan diagnosoida ultraäänellä, mutta välillä ultraäänilöydös jää epäselväksi. Tällöin asiaa voidaan arvioida CT- tai MRI-kuvauksella. CT-kuvauksessa ei tällöin pidä käyttää ns. sekventiaalista kuvausta, koska aorttaläpän avautumiskuvio pitää myös saada näkyville. Kuvadatasta puretaan tällöin myös systole tai miksei useampikin sydämen faasi 5–10 % intervallein. MRI:ssä käytetään aortan

tyven tasolta kine-sekvenssejä, jotka kuvataan poikittain aortan kulkusuuntaan nähden. Klassinen kolmekuspinen sekä klassinen kaksikuspinen aorttaläppä eivät ole vaikeita erottaa toisistaan. Ongelmia tulkinnassa tulee, jos aorttaläppä on anatomisesti kolmekuspinen, mutta kaksi kuspeista ovat fuusioituneet toisiinsa. Tällaisen tilan erottaminen vaikeasti stenoottisesta läpistä on haastavaa. Jos avautumiskuvio on soikea, fuusion pituus on yli 10 mm ja/tai todetaan ns. keskiviivakalkkeuma, on kaksikuspinen aorttaläppä todennäköisempi diagnoosi.

TAVI (transcatheter aortic valve implantation) = aortan tekoläpän asennus katetrin kautta

LT, sydänkirurgi Tiina Vainikka, HUS

Aorttaläpän ahtauma (stenoosi) on yleisin sydänleikkaukseen tai TAVI-toimenpiteeseen johtava läppävika länsimaissa. Vaikean aorttaläppäahtauman esiintyvyys lisääntyy väestön vanhetessa siten, että 2,0 %:lla 75–80 vuotiaista ja jopa 5,5 %:lla 85 vuotta täyttäneistä arvioidaan olevan hoitoa vaativa aorttaläppävika. Aorttaläpän ahtauma kehittyy kun läppäpurjeet alkavat kalkkeutua, mikä johtaa purjeiden liikkuvuuden jäykistymiseen ja läpän avautumisaukon pienenemiseen. Oireena ilmaantuu rasitushengenahdistusta ja -rintakipuja. Myöhemmin voi ilmaantua tajunnanmenetyskohtauksia ja sydämen vasemman kammion supistuvuuden alennettua sydämen vajaatoimintaa. Kuoleman riski suurenee ilman toimenpidettä.

Aorttaläppäahtauman hoitona on perinteinen sydänleikkaus tai tavi-läpän laitto. Perinteinen aorttaläppäleikkaus tehdään yleisanestesiassa sydänkeuhkokonetta käyttäen. Leikkaus on elimistöä kuormittavaa ja vaatii toimenpiteen jälkeen tehohoitoa, ainakin viikon sairaalahoidon ja 3 kuukauden sairausloman. Potilaiden perussairauksista ja iästä riippuen leikkaukseen liittyvä kuolemanriski kasvaa 1 %:sta 10–20 %:iin. 30 % oireellisista potilaista ei sovellu avosydänkirurgiseen läppäleikkaukseen.

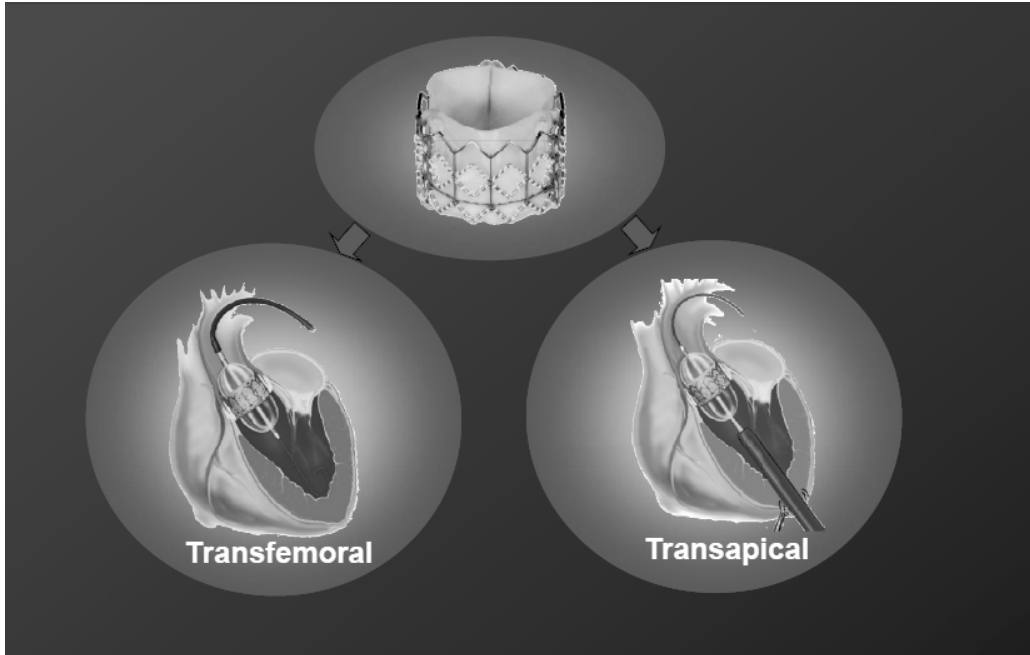
Tavi-läppä on naudan tai sian sydänpussista tehty biologinen tekoläppä, joka on ripustettu metallisen kasaanpuristettavan kehikon (stentti) sisään. Katetriläppä viedään läpivalaisukontrollissa ahtautuneen aorttaläpän sisään ja läppätyypistä riippuen kiinnitetään paikoilleen joko pallolaajentamalla tai vapauttamalla itselaajeneva läppä. Yleisin reitti viedä tavi-läppä sisään on reisivaltimon kautta (80 %). Vaikean valtimonkoveutumataudin vuoksi joudutaan valitsemaan muita reittejä kuten esim. sydämen kärjen kautta, solisvaltimon kautta tai suoraan nousevasta aortasta. Reisivaltimon kautta tapahtuvat toimenpiteet voidaan tehdä paikallispuudutuksessa, jolloin nukutukseen liittyvät riskit minimoidaan.

Laadukas kuvantaminen on ensiarvoisen tärkeää sekä tavi-toimenpidettä suunniteltaessa että toimenpidettä tehtäessä. Sydämen kaikukuvausta (echo) käytetään aorttaläpän ahtauman diagnostiikassa, vaikeusasteen ja sydämen toiminnan arvioimisessa. Aortan laadukas EKG-geitattu TT-angiografia ehdoton tutkimus läppäkoon ja toimenpidereitin arvioimiseksi. Aortan tyvestä tehdään tiheät poikkileikekuvat. Läppäkoko arvioidaan poikkileikeistä mitatun pinta-alan avulla. Lisäksi kiinnitetään huomiota muun muassa läpän kalkkeutuneisuuteen, sepelvaltimoiden lähtökohtien sijaintiin ja vasemman kammion ulosvirtauskanavan mittoihin. Reittisuunnittelussa arvioidaan aortan, lantio- ja nivusvaltimoiden laatu, sisämitat ja mutkaisuus. Eri tavi-läpillä ja läppäkoolla on erilaiset minivaatimukset suonien sisämittojen ja mutkaisuuden suhteen.

Toimenpiteen aikana läpivalaisun ja varjoaineruiskutusten avulla arvioidaan läpän kulku ja kiinnittyminen oikealle paikalle. Apuna käyttää myös joko ruokatorven kautta (nukutetut potilaat) tai rintakehän läpi tehtyä kaikukuvausta.

TAVI-toiminta vaatii useammasta ammattiryhmästä ja erikoisalasta koostuvan tiimin eli TAVI-tiimin. Tiimiin kuuluu suunnitteluvaiheessa toimenpidekardiologin ja kirurgin lisäksi echokardiologi ja tavi-kuvantamiseen perehtynyt radiologi. Toimenpide tehdään

joko angiolaboratoriossa tai leikkausosaston hyppiridialissa. Vähintään kahden toimenpidelääkärin lisäksi salissa on anestesiaalääkäri ja -hoitaja sekä instrumentti/katetrihoitaja, röntgenhoitaja, läpän valmistelija ja salipassari, siis yhteensä vähintään 8 henkeä. Toimenpiteen jälkeen potilas siirtyy heräämön kautta valvontaosastolle. Parhaimmassa tapauksessa kotiutus onnistuu muutaman päivän kuluttua toimenpiteestä. Väestön ikääntyessä tavi-toimenpiteet tulevat voimakkaasti lisääntymään ja lisäksi hiippa- ja kolmiliuskaläppiin on kehitteillä tavityyppisiä katetritoimenpiteitä.



TAVI-läppä reisivaltimon (transfemoraalinen) tai sydämen kärjen kautta (transapikaalinen)

TAVI:n preoperatiivinen tietokonetomografia

OYL, LT Sari Kivistö, Sydäntiimi, HUS Kuvantaminen

TAVI on lyhenne sanoista ”transcatheter aortic valve implantation”. Toimenpide on monisairaille korkean riskin aorttastenoosipotilaille usein läppäkirurgiaa soveltuvampi hoitovaihtoehto. Siinä yleensä nivusvaltimoa pitkin viedään katetriteitse aorttaläppäproteesi aortan annulukseseen ahtatuneen vanhan läpän tasolle.

Läppäproteesin koon arviointi ennen toimenpidettä on varsin tärkeää, koska läpät ovat hintavia (noin 20 000 Eur) ja toisaalta väärän kokoiset läpät altistavat komplikaatioille. Liian pienen läpän asennuksesta seuraa paravalvulaarisia vuotoja, toisaalta liian suuren läpän asentaminen aiheuttaa aortan tyven ruptuurariskin.

Kaikkein parhaat ja toistettavimmat tulokset on preoperatiivisessa kuvantamisessa saatu varjoainetehosteisella EKG-tahdistetulla tietokonetomografialla (TT). Kuvaus ajoitetaan aorttavaiheeseen ja tahditetaan loppusystoleen. Loppusystoleessa veri virtaa sydäimestä ulosvirtauskanavaa pitkin aorttaan ja tällöin myös annuluksen diametri on suurimmillaan. Kuvauksen sädeannokseen vaikuttaa annosta lisäävästi potilaan obesi-teetti ja epätasainen rytmi kuten flimmeri. Sädeannoksia ja varjoainemääriä voidaan optimoida, kun markkinoille tulee koko ajan nopeampia kuvauslaitteita ja uusia ohjelmistoja. Tarvittaessa potilaita tulee nesteyttää ennen ja jälkeen tutkimuksen, jos GFR on alentunut, jotta munuaisfunktio säilyisi mahdollisimman hyvänä. Natiivikuvauksia aortasta käytetään silloin, jos munuaisten vajaatoiminta on vaikea-asteinen. Vaikka annuluksen mittoja ei voidakaan natiivikuvauksessa luotettavasti määrittää, antaa se klinikalle kuitenkin informaatiota aortan ja lantion suonten kalkkeutuma-asteesta.

Kuvauksen jälkeen radiologi laskee työasemalla aortan annuluksen tarkan ympärysmittan, pinta-alan ja maksimi/minimi läpimitan läpän koon suunnittelua varten. Lisäksi on tärkeää mitata etäisyys annulustasosta koronaarien tyveen. Jos välimatka on alle yhden senttimetrin, on vaara tukkia toimenpiteessä proteesiverkolla koronaarin tyvi ja seurauksena on sydäninfarkti.

Edellisten asioiden lisäksi lausunnossa pitää mainita annuluksen, läpän (kalsiumscore), sinus Valsalvan ja koko aortan ja iliacavaltimoiden kalkkisuus. Aortan perusdimensioiden lisäksi abdominaaliaortan sisälumenin dimensio (yleensä kapeimmillaan juuri ennen bifurkaatiota), iliacasuonten sisälumenin ahtaimmat kohdat ja mahdolliset dissekaatiot. Lisäksi voi ottaa kantaa reittien mutkaisuuteen nivuskanylaatiopuolen valintaa ajatellen. Kanylaatioreitin suunnittelussa auttaa klinikkoa myös aortasta tehtävä pyörivä 3D-rekonstruktio. Samoin olisi hyvä katsoa analyysiohjelman avulla aortan tyven oikea angulaatiokulma toimenpidettä aloitettaessa. Jos läppää ei voida viedä nivusreittejä pitkin, harkitaan silloin transaortaalista tai trans apikaalista kanylaatiota.

Oleellista on myös katsoa vartalon alueelta mahdolliset sivulöydökset kuten maligniteetit, koska iäkkäillä potilailla on usein merkityksellisiä sattumalöydöksiä. Vasen eteiskorvake on myös hyvä katsoa ja muistaa, että aorttavaiheen kuvauksessa täyttödefekti ei ole eteiskorvaketrombi, vaan selittyy flimmeripotilailla korvakkeen hitaam-malla täyttymisellä. Täyttödefekti kannattaa lausunnossa kuitenkin mainita. Klinikot varmentavat asia tarvittaessa esofagus ECHO:lla.

Kuvaukset on keskittyneet tällä haavaa yliopistosairaaloihin ja vain korkean riskin AS potilaille, joille läppäkirurgia on kontraindisoitu. On kuitenkin oletettavaa, että tulevaisuudessa seurantatutkimusten valmistuttua toimenpiteitä aletaan tehdä laajemminkin ja myös keskikorkean riskin hieman nuoremmillekin potilaille.

Molekulaarinen rintojen kuvantaminen – tulevaisuuden tekniikka?

El, dos Jukka Kemppainen, TYKS, Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede, Turku PET-keskus

Mammografia on ensisijainen kuvantamistutkimus rintasyövän seulonnassa. Täydentävinä tutkimuksina voidaan käyttää rintojen kaikukuvausta, galaktografiaa tai magneettikuvausta. Magneettitutkimusten rooli rintasyövän primäärivaiheen diagnostiikan tukena, seurannassa ja hoitovasteen arvioinnissa on vasta tarkentumassa. Meta-analyysin perusteella magneetin sensitiivisyys pahanlaatuisen muutoksen toteamisessa on 90 % ja spesifisyys 75 %. Edellä mainittujen menetelmien lisäksi yhdysvalloissa on otettu käyttöön uutena kliinisenä tutkimusmenetelmänä rintojen molekyyl kuvantaminen vuonna 2009. Laittevalmistajasta ja menetelmästä riippuen käytössä on seuraavia lyhenteitä MBI (Molecular Breast Imaging), BSGI (Breast Specific Gamma Imaging) tai PEM (Positron Emission Mammography).

Rintojen molekyyl kuvantaminen perustuu radiolääkeinjektioon ja rintojen kuvausta tähän tarkoitukseen spesifisesti kehitetyllä laitteistolla, jossa kuvauslaite on mahdollisimman lähellä rintarauhaskudosta kuten mammografiassa. Perinteisellä gammakuvaus- tai PET-laitteella rintojen kuvauksessa ei päästä riittävään herkkyyteen pienten syöpien paikantamisessa, koska rinnat jäävät liian kauas detektoreista/kollimaattorista. MBI tai BSGI-menetelmissä radiolääkkeenä käytetään konventionaalisessa isotooppikuvantamisessa tuttua ^{99m}Tc-sestamibi-merkkiainetta, jota käytetään mm. sydän ja lisäkilpirauhaskuvauksissa. Merkkiaineen käyttö perustuu sen konsentroitumiseen kudokseen, jossa mitokondriotiheys on suuri kuten syöpäkudoksessa. Meta-analyysseissa menetelmän sensitiivisyys on 95 % ja spesifisyys 80 %.

PEM-menetelmässä käytetään FDG-merkkiainetta, kuten tavallisessa onkologisessa PET/TT-kuvantamisessa. FDG on sokerianalogi ja sen kertyminen syöpäkudokseen on suoraan suhteessa kasvaimen aggressiivisuuteen. Rintojen PEM-kuvauksen jälkeen voidaan saman merkkiaineinjektion jälkeen tehdä koko kehon levinneisyys selvitys tavanomaisella PET/TT-kameralla. Meta-analyysissä menetelmän sensitiivisyys on 85 % ja spesifisyys 79 %. Rintojen molekyyl kuvantamiseen on mahdollista nykyään yhdistää myös biopsiavalmius.

Mihin rintojen molekyyl kuvantamista voidaan hyödyntää? Menetelmää voidaan hyödyntää samoissa tilanteissa, joissa rintojen magneettitutkimus on indisoitu eli kaikissa tilanteissa, joissa mammografia- tai kaikukuvauslöydös on vaikeatulkintainen tai risiriitainen. Lisäksi menetelmällä on mahdollista lisätä spesifisyyttä MRI-positiivisten alueiden arvioinnissa tai potilailla, joilla magneettitutkimus tai varjoaineinfuusio on kontraindisoitu. Molekyyl kuvantaminen on mahdollista tehdä myös potilaille, joilla on ahtaanpaikankammo. Molekyyl kuvantamisella turhien biopsiavarmistusten määrää voidaan vähentää erityisesti potilailla, joilla rintarauhaskudos on tiivistä. Molekyyl kuvantaminen ei sovellu seulontatutkimukseksi kohtalaisen suuren säderasituksen vuoksi. ^{99m}Tc-sestamibi-merkkiaineen käyttöön liittyvä säderasitus on tällä hetkellä n. 6.5. mSv ja FDG-merkkiaineella n. 5 mSv, vrt. mammografian säderasitus 0.3. mSv.

Rintojen molekyylikuvantaminen voi mahdollistaa magneettitutkimuksen kaltaisen herkkyyden, mutta paremman spesifisyyden. Tutkimusten hinta on halvempi kuin magneettitutkimuksissa ja kuvien tulkinta on suoraviivaisempaa, koska arvioitavia kuvasarjoja tulee vähemmän. Molekyylikuvantamisessa ei saada tietoa syöpäkasvaimen koosta eikä mahdollisesta invasiivisuudesta ympäröiviin kudoksiin. Hormonaaliset tekijät vaikuttavat ^{99m}Tc -sestamibi kertymiin, joten kuvaus tulisi ajoittaa kuukautiskierronvaiheen mukaan kuten magneettitutkimuksissa. Vääriä positiivisia löydöksiä liittyy mm. fibroadenoomiin, papilloomiin ja rasvanekroosiin. Vääriä negatiivisia löydöksiä voi liittyä hyvin pieniin, lähellä rintakehää tai syvällä kainalossa sijaitseviin kasvaimiin.

Rintojen molekyylikuvantaminen on vielä vähäistä Euroopassa. Menetelmän käyttöönotto vaatisi investointia uuteen laitekapasiteettiin, jonka käyttöalue on kapea. Olemassa olevaa magneettikapasiteettia on helpompi hyödyntää rintakuvantamisessa. Kiinnostusta molekyylikuvantamiseen saattaa lisätä alustavat näytöt kustannushyödyistä magneettikuvaukseen nähden. Tämänhetkisen näytön perusteella molekyylikuvantamiselle vaikuttaisi olevan sijaa muun perinteisen kuvantamisen tukena valikoiduissa indikaatioissa.

Aiheuttaako varjoaineen käyttö TT-tutkimuksissa munuaisten vajaatoimintaa?

LT, radiologi Petri Sipola, KYS

Kun on tutkittu varjoaineiden nefrotoksista vaikutuksia, on katsottu kreatiniinimuu-toksia varjoaine-TT:n jälkeen. Kreatiniininousu on tulkittu varjoaineiden aiheuttamak-si munuaisten vajaatoiminnaksi ja on puhuttu varjoainenefropatiasta ja varjoaineiden toksisista munuaisvaikutuksista. Munuaistoksisuuden välttämiseksi varjoainetehosteis-ia TT-tutkimuksia on pyritty välttämään etenkin potilailla, joiden kreatiniiniarvot ovat olleet koholla.

Tehdyssä yli tuhannessa varjoaineiden munuaistoksisuutta selvittävässä tutkimuksissa on ollut perustavanlaatuinen metodologinen ongelma: tutkimuksissa ei ole ollut lain-kaan kontrolliryhmää. Viimeaikoina on lisääntyvästi kiinnitetty huomiota siihen, että kreatiniitasot etenkin sairailta potilailla vaihtelevat, vaikka he eivät saakaan varjoai-netta. Näin ollen myös varjoaine-TT:n jälkeen havaitut kreatiniinitasojen nousut ovat voineet olla varjoaineesta riippumattomia. Havainnot kyseenalaistavat käsityksemme varjoaineiden aiheuttamasta munuaisten vajaatoiminnasta.

Viime vuosina on julkaistu useita tutkimuksia kahdesta laajasta kohortista, joissa on ollut mukana tilastotieteellistä propensity score matching -menetelmää käyttämällä luotu verrokkiryhmä. Tällä menetelmällä potilaiden vertailtavuutta retrospektiivisessä tutkimusasetelmassa saadaan parannettua niin että tutkimukset muistuttavat prospek-tiivista tutkimusasetelmaa. Propensity score -kaltaistuksessa on huomioitu ICD-9-tau-tiluokituksen 160 erilaista taustasairautta ja muita kliinisiä muuttujia.

Vuonna 2013 Radiologyssä (267:106–18) McRonald RJ et al. julkaisivat Mayo-klini-kan aineistosta tutkimuksen Intravenous contrast material-induced nephropathy: causal or coincident phenomenon? Tutkimusta varten käytiin läpi yli miljoonan potilaan sai-raskertomustiedot. Lähtökohortista muodostettiin tutkimukseen sovelias 53 439 poti-laan aineisto, joille oli tehty 157 140 TT-tutkimusta ja joilta oli mitattu kreatiniinia yli 1,5 miljoonaa kertaa. Aikaisempien kriteerien perusteella munuaisvaurion suhteen keskiriskin potilailta (kreatiniini 130–180 $\mu\text{mol/l}$) oli 19 651 ja korkean riskin potilail-ta (kreatiniini > 180 $\mu\text{mol/l}$) 12 207. Tuloksissa propensity score vakioinnin jälkeen varjoainetehosteisen TT-tutkimus ei assosioitunut matalan riskin, keskiriskin tai kor-kean riskin ryhmässä munuaisvaurioon viittaavaan kreatiniinitason nousuun.

Päätös antaa tai olla antamatta varjoainetta vaihtelee yksittäisen potilaan kohdalla. Edellä mainitussa tutkimuksessa oli osatutkimus, jossa 4265 potilaalle oli tehty toisel-la kerralla varjoaine-TT ja toisella kerralla natiivi-TT. Varjoaineen anto ei vaikuttanut kreatiniinitasoissa tapahtuviin muutoksiin tässäkin asetelmassa, jossa potilaat toimi-vat itse itsensä kontrolleina.

MdDonald JS et al. tutkimuksessa selvitettiin lähtötason estimoidun GFR:n vaikutus-ta kreatiniinitason nousuun. Matala eGFR ennusti munuaisten vajaatoiminnan kehiti-tymistä mutta eroa varjoainetehoste TT:n ja natiivi TT-ryhmien välillä ei ollut eroa (12508 propensity score matched potilasta kummassakin ryhmässä)(Radiology 2014;271:65).

Myöhemmässä analyysissä (McDonald RJ et al. Radiology 2014;273:714) seurattiin 10673 potilaan kohorttia, joille tehtiin varjoainetehosteinen TT ja ryhmällä oli yhtä iso vertailuryhmä, jolle tehtiin natiivi-TT. Dialyysin tarve ja kuolleisuus ryhmien välillä olivat yhtä suuret. Akuutin munuaisten vajaatoiminnan kehittyminen todettiin dialyysin ja kuolleisuuden riskitekijäksi, mutta varjoaineen anto ei ollut vajaatoiminnan kehittymisen riskitekijä.

Davenport MS et al. Michiganin yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa (Radiology 2013; 267:94) hyödynnettiin niin ikään propensity score matching -menetelmää. Tutkimuksessa oli 10121 potilaan kaltaistettua kohorttia, joista toiselle oli tehty varjoaine-TT ja toiselle natiivi-TT. Tämän tutkimuksen tuloksissa potilailla, joilla lähtötason kreatiniini oli yli 140 $\mu\text{mol/l}$, varjoainetutkimus oli itsenäinen kreatiniinin nousun (yli 44 mol/l tai 25 %) riskitekijä (OR 1.45; 95%CI 1.11, 1.89; $p = 0.007$). Kreatiniinin nousun riski oli sitä suurempi mitä suurempi oli lähtötason kreatiniini. Lähtötason kreatiniiniarvo 132 $\mu\text{mol/l}$ tai pienempi ei ollut riskitekijä.

Samasta aineistosta katsottiin eGFR:n ennusteellista merkitystä (Davenport MS et al. Radiology. 2013; 268:719). Potilailla, joilla eGFR oli alle 30 mL/min/1.73 m^2 (vastaa 70-vuotiaalla miehellä yli 200 $\mu\text{mol/l}$ kreatiniinitasoa) oli huomattavasti lisääntynyt riski saada varjoaine-TT:n jälkeen munuaisvaurioon viittaava kreatiniininousu (OR 2.96; 95 % CI 1.22–7.17). Potilailla joilla eGFR oli 30–45 mL/min/1.73 m^2 tilastollinen merkittävyys hieman kohonneeseen riskiin oli raja-arvoinen ja suurentunutta riskiä ei havaittu lainkaan, jos eGFR oli 45 mL/min/1.73 m^2 tai enemmän. Jos todellinen riski olisi luottamusvälin suuresta päästä, saisi joka kuudes potilas, jolla eGFR on alle 30 mL/min/1.73 m^2 , varjoaine TT:stä munuaisvaurioon viittaavan kreatiniininousun.

Vaikka kumpikaan kohorteista ei ole ollut randomoitu prospektiivinen tutkimus ja tutkimusasetelma ei ollut näin ollen optimaalinen, on tutkimusten etuna suuri potilasmäärä ja kattava rekistereitä hyödyntävä taustasairauksien kontrollointi. Molemmat tutkimuskohortit osoittavat, että varjoaine-TT on turvallinen useammille potilaille kuin aiemmin on arvioitu. Vain 0.2 % avohoitopotilaista ja 2,1 % sairaalapotilaista eGFR on alle 30 mL/min/1.73 m^2 . Tämä on huomattavasti vähemmän kuin jos riskipotilaan raja-arvona pidetään ESUR-guideliinissa olevaa raja-arvoa alle 60 mL/min/1.73 m^2 (vastaa 70-vuotiaalla miehellä yli 110 $\mu\text{mol/l}$ kreatiniinitasoa).

Tieteellinen näyttö rintasyöpäseulontaa vastaan

Professori Marjukka Mäkelä, THL

Mammografiaseulonnan tärkein hyöty on rintasyöpäkuolleisuuden väheneminen. Seulonta myös lisää mahdollisuuksia rintarauhaskudosta säästäviin hoitoihin, kun syöpä löytyy varhaisvaiheessa. Seulonnan osuvuus on yli 60-vuotiailla parempi kuin nuoremmissa ikäryhmissä, ja alle 50-vuotiailla seulonnan kustannusvaikuttavuus on heikko, sillä syöpiä on vähän eikä seulonta tunnista niitä kyllin hyvin. Seulonta aiheuttaa myös haittoja yli diagnostiikan ja ylihoidon muodossa. Tieteellinen näyttö on tärkeä perusta päätettäessä seulunnoista, mutta näytön lisäksi tulee punnita kustannuksia ja yhteiskunnan arvoja.

Rintasyövän seulonnan vaikuttavuudesta on tehty 8 satunnaistettua tutkimusta, joihin on osallistunut yli puoli miljoonaa 39–74-vuotiaasta naista. Kun tutkimustieto yhdistetään, vähentää rintasyöpäseulonta riskiä kuolla rintasyöpään noin 19 % (suhteellinen riski 0,81, 95 % luottamusväli 0,74–0,87). Useiden satunnaistettujen tutkimusten menetelmissä on havaittu heikkouksia, jotka voivat näennäisesti parantaa seulonnan vaikuttavuutta. Laadukkaimmissa tutkimuksissa vaikutus oli 10 % tasoa. (1)

Toistuvassa seulonnassa monet osallistujista kutsutaan jatkotutkimuksiin, Suomessa vajaan 3 prosenttia seulontakuvaukseen osallistuneista. Jatkotutkimuksiin kutsuttavien osuus pienenee ja löydettyjen syöpien määrä lisääntyy naisten ikääntyessä. Seulonta lisää rinnanpoistojen määrää noin 20 % (8–32 %).

Monet naiset huolestuvat positiivisen seulontalöydöksen takia; jopa joka toinen on merkittävästi ahdistunut ennen jatkotutkimuksien järjestymistä. Naisilla, jotka esimerkiksi sukurasituksen takia kokevat sairastumisalttiutensa suureksi, huolestuneisuus jää pysyvämmäksi eikä seulonta lievennä sitä. (2)

Kutsumalla kymmenentuhatta naista seulontaan joka toinen vuosi voidaan vuosittain estää 1,7 (0,6–3,2) rintasyöpäkuolemaa eli yksi rintasyöpäkuolema 6060 seulontaohjelmaan kuuluvaa naista kohti. Suomessa arvioitiin vuonna 2000, että seulonnalla säästetyn yhden liäelinvuoden kustannus oli noin 37 000 FIM (1600 EUR), kun mukaan otettiin seulontakulut mutta ei hoidon kustannuksia (3). Tuore kanadalainen arvio mallitti myös hoitokulut ja sen mukaan Suomen nykyinen seulontamalli estää yhden kuoleman 655000 CAD hintaan (4).

1. Gøtzsche PC, Jørgensen KJ. Screening for breast cancer with mammography. Cochrane Database of Systematic Reviews 2013, Issue 6. Art. No.: CD001877. DOI: 10.1002/14651858.CD001877.pub5.
2. Lampic C ym. Short- and long-term anxiety and depression in women recalled after breast cancer screening. Eur J Cancer 2001;37:463–9
3. Saarenmaa I ym. Rintasyöpäseulonnan laajentamisen vaikutukset. Finohtan raportti 16, Helsinki 2000.
4. Gocgun Y ym. Cost-effectiveness of breast cancer screening policies using simulation. Breast. 2015 Aug;24(4):440–8.

Tieteellinen näyttö rintasyöpäseulonnan puolesta

Professori, radiologi Peter Dean, TYKS, TY ja WHO

Maailman terveysjärjestön (WHO:n) syöväntutkimuslaitos (IARC) on kahdesti arvioinut rintasyöpäseulonnan: vuonna 2002 ja 2014. Mukana on ollut toistakymmentä maailman parasta rintasyöpäseulontaa epidemiologia, jotka kutsuttiin tiukan valintaprosessin kautta, jotta vältettäisiin eturistiriidat. WHO:n arvioinnit ovat ainoat, joissa on käytetty runsaasti asian kanssa työskenteleviä huippuasiantuntijoita, jolloin on vältetty eturistiriitä ja puolueellisuus selkeillä ja avoimilla menetelmillä. Tämä asiantuntijan osaamisen vahvuus puuttuu muilta asiantuntijaryhmiltä, joissa yleensä kaikki, jotka ovat työskennelleet alalla, ovat automaattisesti poissuljettu työryhmistä.

Satunnaistettuja vertailukokeita (randomized controlled trials, RCT) on käytetty parhaana tutkimusmenetelmänä. Kuitenkaan uusia kokeita ei ole aloitettu täällä vuosisadalla, koska jättämällä ihmiset kontrolliryhmään ilman mammografiaseulontaa on yleisesti katsottu olevan epäeettistä. Sen takia hyvin järjestettyjä seurantatutkimuksia (observational studies) on käytetty todistusaineena, ottaen huomioon mahdolliset virhelähteet. Tapaus-verrokkitutkimuksen (case-control studies) tulokset on myös arvioitu, mutta niiden tulokset on katsottu olevan vähemmän luotettavia. Eri populaatioiden vertailumenetelmät (ecological studies) arvioitiin, mutta katsottiin, että niiden antama tieto oli epäluotettava, samoin aikasarjoja (trend studies) katsottiin liian virheellisiä.

Ainoa menetelmä, joka todettiin vaikuttavan rintasyövän kuolleisuuteen väestötasolla, oli kutsu mammografiaseulontaan. Kutsun todettiin alentavan kuolleisuutta 23 %:lla, ero on tilastisesti merkittävä. Ne naiset, jotka myös osallistuivat mammografiatutkimukseen, saivat rintasyövän kuolleisuuden alenemaan 40 %:lla. Vaikutusmenetelmä on se, että varhaisemmin löydettyssä ja hoidetussa rintasyövässä selviytyminen on selvästi parempi kuin suuremman ja levineen rintasyövän hoito. Todettiin myös, että satunnaistettuja vertailukokeita, joissa mammografiaseulonta vähensi eniten Stage II ja sitä enemmän levinneitä rintasyöpiä, rintasyöpäkuolleisuus väheni eniten.

Mikään tutkimus, joka käytti luotettavia menetelmiä, ei pystynyt toteamaan, ettei mammografiaseulonta alentaisi rintasyöpäkuolleisuutta. Nollahypoteesia, ettei mammografiaseulonta alentaisi rintasyöpäkuolleisuutta, ei voida todeta pelkällä epäonnistuneella ja virheellisesti suunniteltua tutkimuksella. Sen sijaan, hypoteesi, että mammografiaseulonta alentaa rintasyöpäkuolleisuutta, on todistettu tilastisella varmuudella monella hyvin suunnitellulla tutkimuksella monessa eri maassa.

Mammografiaseulonalla on muita hyödyllisiä vaikutuksia sen lisäksi, että siihen osallistuminen vähentää rintasyövän varhaiskuolemaa. Seulonta vähentää levinneiden rintasyöpien muita haittoja sekä hoidon aiheuttamia haittoja, kuten kainalon tyhjennyksen sekä sädehoidon aiheuttamat käsioireet, ja levinneen rintasyövän hoidossa tarvittava kemoterapia kaikkine sivuvaikutuksineen.

Mammografiaseulonassa on omat haittansa, erityisesti se, että vain noin 10 % osallistuneista voi hyötyä tutkimuksesta, kun taas yli 90 % naisista ei tule koskaan sairastumaan rintasyöpään. Suurin haitta on, kun mammografiakuvissa todettavissa olevaa rintasyöpää ei huomata, ja mahdollisuus varhaiseen hoitoon menetetään tai se siirtyy pari vuotta eteenpäin. Toinen haitta on, jos mammografiakuvat ovat sen verran huo-

nosti kuvattu tai laatu on muuten puutteellinen, että muuten todettavissa olevaa rintasyöpää ei voida todeta teknisistä syistä tai virheellisen kuvanasettelun takia. Näiden haittojen minimoiminen vaatii jatkuvaa laaduntarkkailua, joka maksaa. Myös pieni osa seulonnassa todetuista rintasyövistä ei olisi tullut esille ilman mammografiaseulontaa naisten elinaikana. Tätä kutsutaan ylidagnostiikaksi, ilmiö joka on mukana kaikissa kuvantamismenetelmissä, ennimmäkseen vanhemmissa ihmisissä jotka ovat lähempänä kuolemaa. Ylidagnostiikka on teoreettinen käsite, kun ei voi tietää mitkä syövät ovat todellisuudessa ylidignosoitu. Ihmiset, jotka vastustavat rintasyövänseulontaa ideologisissa periaatteissa, ovat alkaneet käyttämään tätä ilmiötä selityksenä, että heidän vaatimuksensa seulontatyön lopettamisesta olisivat oikeutettuja. Mammografian säteilyn karsinogeeninen vaikutus on katsottu oleva hyvin pieni. Suomessa noin 2,5 % seulontakierrokseen osallistuneista naisista kutsutaan jatkotutkimukseen, mutta vain noin 0,5 %:lla todetaan rintasyöpä. Kutsun aiheuttama huoli ja pelko on todellinen haitta niille, jotka eivät sairastu rintasyöpään. On tutkittu ja todettu useasti, että sen haittavaikutus ei kestä kauan.

WHO:n työryhmä on arvioitunut näitä seulonnan haittavaikutuksia, ja tullut siihen tulokseen, että niiden haitta-arvo on huomattavasti pienempi kuin rintasyöpäseulonnan hyöty. On myös arvioitu, että seulonnan hinta/hyöty suhde on samalla tasolla kuin monilla muilla lääketieteellisillä menetelmillä. Jotta rintasyöpäseulonta olisi oikeutettu, sen laatu on oltava mahdollisen korkea, ja laadunvarmistus menetelmien on oltava tehokkaita. Tieteellinen näyttö rintasyövänseulonnan puolesta on hyvin vahva, mikäli se on hyvin suoritettu. Tämä kaikki vaati jatkuvaa kehittelyä, monitorointia ja lisäkoulutusta. Hintasodalla laatu voi kärsiä.

Miten saan diagnostiset skolioosikuvat lasta ja säteitä säästään ja miten tulkitseen ne?

Rh Mari Parkkinen, Last.rad Päivikki Tanskanen, Oys, Lasten röntgen

Oys:n lasten röntgenissä on vuosittain n. 400–500 skolioosikuvausta, tyttöjen osuus kuvauksista on 64 %. Lasten skolioosikuvauksen yleisimmät indikaatiot ovat ryhtivirhe-epäily, ryhtivirheen kontrolli sekä pre- ja postoperatiiviset selkävaukset. Skolioosikuvaukset suositellaan kuvattavaksi vain erikoissairaanhoidossa, eli paikoissa joissa sitä hoidetaankin. Jos potilaalla epäillään ryhtivirhettä, tulee selkärangan kuvat ottaa laitteistolla, joka mahdollistaa koko selkärangan kuvaamisen seisten.

Käytämme skolioosikuvauksissa korkeaa kV:a (90) sekä matalaa mAs:a (0,5–>). Lapset kuvataan yleensä ilman hilaa ”ilmahilalla”, poikkeuksena isokokoiset potilaat, jolloin hila on tarpeen. Skolioosipotilaat kuvataan seisten kallistuvan röntgenputken avulla 2–3 exponoinnilla. Istuen kuvattavat ja levottomat potilaat kuvataan yhdellä exponoinnilla pitkälle CR-kasetille.

Ensimmäisellä kuvauskerralla kuvataan koko selkäranka niskakuopasta reisiluun päihin. Yksi PA-suunnan kuva riittää, sivukuva otetaan tarvittaessa, jos kirurgi pyytää. Kuvanlaadun tulee olla riittävän hyvä, jotta nikamien muoto ja rakenne pystytään näkemään. Röntgenhoitaja merkitsee kuviin mahdolliset apuvälineet tai kiinnipitäjät sekä kuvausarvot (kV, mAs) kontrollikuvauksia varten.

Skolioosikontrollissa PA-suunnan kuva rajataan lyhyemmäksi niin, että selän mutkat näkyvät. Kyfoosikontrollissa otetaan sivusuunnan kuva tarvittavasta kohdasta. Kontrolloissa huonompi kuvanlaatu riittää ja kuvausarvoja voidaan pudottaa ensimmäisestä kuvauskerrasta. Kuitenkin skolioosi- ja kyfoosikulma on pystyttävä määrittämään ja mahdolliset leikkauksen jälkeiset tukiraudat täytyy näkyä kokonaisuudessaan. Epäselvissä tapauksissa kuvan riittävyys tarkistetaan herkästi radiologilta.

Potilas valmistellaan tutkimukseen pyytämällä riisumaan ylävartalo paljaaksi ja ottamalla kengät pois jalasta. Varmistetaan, ettei potilas ole raskaana, hienotunteisuus muistaen. Potilas asetellaan PA-suunnan kuvaan seisomaan kasvot kuvaustelineeseen päin jalkaterät eteenpäin. Polvet tulee ojentaa ja painon tulee olla tasaisesti molemmilla jaloilla. Kädet voivat olla vapaasti sivuilla tai kevyesti telineestä kiinni pitäen. Mittatikku teipataan potilaan selkään rangon viereen. Sivukuvassa potilaan vasen kylki on kuvaustelineeseen päin. Käsillä pidetään kevyesti tukitangosta ja niitä nostetaan vain sen verran, etteivät ne tule kuvaan. Mahdollista kyfoosia ei saa oikaista.

Säteilysuojelun kannalta on hyvä kuvata PA-suunnan kuva, sillä se vähentää rintojen ja silmien sädeannosta. Potilaalle puetaan myös rintasuojat selkäpuolelle ja lannesuojat lanteille blendavalojen reunoille. Sivukuva otetaan vasen kylki levyä päin, jolloin sydän saa pienemmän sädeannoksen.

Jos potilaalla on käytössä jatkuvakäyttöinen korsetti, kuvataan seisten PA-suunnan kuva korsetti päällä oikaisuvaikutuksen näkemiseksi. Yökorsettipotilaat kuvataan maaten AP-suunnassa korsetti päällä – eli kuvataan siinä asennossa, missä nuori korsettiä pitää. Yleensä kuvataan vain kertaalleen saman korsetin kanssa. Korsetin kanssa kuvataan uudelleen vain, jos korsetti on uusittu, ja jatkokontrollissa korsettipotilaat kuvataan ilman korsettiä.

Liikuntakyvyttömät ja vaikeasti kehitysvammaiset potilaat kuvataan istuen AP-suunnassa. Usein tarvitaan yksi tai useampi tukija. Potilaalla tulisi olla mahdollisimman luonnollinen ryhti – kuvassa oleva ryhti vaihtelee paljon tukijoista riippuen.

Leikkaukseen menevistä potilaista otetaan skolioosin ja/tai kyfoosin oikaisukuvat päämutkista sekä sivutaivutuskuvat (oikealle ja vasemmalle) lannerangasta. Yleensä ennen leikkausta selkäortopedi pyytää tarkkaan, mitä kuvia haluaa otettavan, ja mikä mutka oikaistaan bolsterikuvassa.

Skolioosi luokitellaan idiopaattiseen, kongenitaaliseen, neuromuskulaariseen ja funktionaaliseen. Näistä yleisin muoto on idiopaattinen, joka jaotellaan iän mukaan infantiiliin, juveniiliin, adolescenttiin sekä aikuisiän skolioosiin. Idiopaattisen skolioosin esiintymishuippu on 10–12 v iässä, ja se on tytöillä 6–10 kertaa yleisempi kuin pojilla.

Skolioosilla tarkoitetaan selkärangan sivuttaissuuntaista kaareutumista yli 10 astetta. Yleensä skolioosissa on mukana myös rotaatiota. Skolioosikulma mitataan ns. Cobbin menetelmällä yläpäätelevystä alapäätelevyyn. Jos päätelevyt eivät näy, voidaan mittaus tehdä pedikkelien reunasta. Kaikki kulmat mitataan, ja lausuntoon ilmoitetaan lisäksi skolioosin suunta ja huippunikama. Suurin kulma mitataan, ja skolioosin muuttuessa kontrollikuvassa suurin kulma voidaan saada eri välistä kuin viimeksi. Kuvaa olisi hyvä verrata paitsi viimeiseen myös sitä edelliseen vertailukuvaan, jolloin nähdään pidemmän aikavälin mahdollinen progressio. Hyväksyttäväksi mittausepä tarkkuudeksi on arvioitu 4 astetta, jolloin skolioosikulman lisäys 5 asteella tai enemmän tulkitaan progressioksi (Malfair ym. 2010). Maaten otetuista rinta- tai lannerangan kuvista tai leikekuvista ei ryhtivirhettä pysty luotettavasti arviomaan. Makuukuva aliarvioi ryhtivirheen määrää, ja skolioosi voi jäädä huomioimatta ja hoitamatta.

Alaraajojen mahdollinen pituusero arvioidaan katsomalla, ovatko lonkat samalla tasolla. Lisäksi tarkastellaan nikamien rakenne ja muoto mahdollisten rakennepoikkeavuuksien varalta (esim. anomaliat, spondylolyysi, siirtymä). Selän tasapaino (koronaalibalanssi C7-L5 ja sagittaalibalanssi C7-S1) on hyvä ilmoittaa. Vartalon kallistuskulma, pelvic tilt ja pelvic incidence kuuluvat aikuisten skolioosimittauksiin OYS:ssa rutiinisti, lapsilla mittaamme ne pyydettyä.

Kyfoosikulman mittausta suositellaan Th4–12 välistä (lähteestä riippuen th1,3,4–12). Käytännössä kuitenkin tavaksi on muodostunut ilmoittaa suurin mitattava kyfoosikulma. Korostuneen kyfoosin syynä voi olla Scheuermannin tauti, trauma, posturaalinen, kongenitaalinen tai neuromuskulaarinen kyfoosi. Scheuermannin tautiin kuuluu löydöksinä päätelevyjen epätasaisuus, Schmorlin prolapsit, nikamavälein madaltuminen, kolmen tai useamman nikaman kiilamaisuus sekä yli 50 asteen thorakaalinen kyfoosi.

Lisäkuvaukset (MRI) ovat aiheen, jos ryhtivirheen taustalla epäillään neurologista poikkeavuutta, jos skolioosi on muodoltaan epätyypillinen tai jos skolioosiin liittyy selkäkipu. Tyypilliseen idiopaattiseen skolioosiin ei yleensä liity selkäkipua. CT-kuvauksia voidaan tehdä, jos halutaan lisäselvyyttä monimutkaisista nikama-anomaliaista ja joskus operaatiota suunniteltaessa. Kohdennettu selkärangan CT voidaan tehdä pienillä kuvausarvoilla luurakenteen selvittämiseksi.

Skolioosi voi progredioda nopeasti kasvupyrähdysten aikana ja sen etenemisen riski on suhteessa jäljellä olevaan kasvupotentiaaliin. Näin ollen kontrollikuvaus voidaan

joutua joskus ottamaan pian, esim. 4–6 kk:n kuluttua. Pikainen kontrolli voi olla aiheen myös, jos harkitaan korsettihoidon aloitusta. Kasvuvaiheen määrittämisessä voidaan käyttää luustoikä-kuvantamista (kämmen-rtg). Hoitosuositukset (esim. korsettihoidon aloitus, leikkausajankohdan valinta) perustuvat kuitenkin Risser-luokitukseen, jolloin kuvataan toinen suoliluuharju. Risser luokitellaan 0–5 luokkaan, jossa luokassa 0 ei vielä näy suoliluun apofyysitumaketta, luokassa 5 se on jo luutunut emoluuhun. Risserin luokka 2 tai vähemmän tarkoittaa, että murrosikäisellä potilaalla on runsaasti kasvupotentiaalia jäljellä.

Suurin osa skolioosikuvauksissa käyvistä potilaista on idiopaattisen skolioosin vuoksi tutkimuksissa tai seurannassa olevia teini-ikäisiä tyttöjä. Selkärangan kuvausalueelle tulee sädeherkkiä elimiä, etenkin kehityksessä vaiheissa olevat rinnat. Kontrollikuvauksia voidaan joutua ottamaan paljonkin, varsinkin leikatuilla potilailla, kuvauksia yksittäiselle potilaalle voi tulla jopa 10–20 kpl. Sädeannokset tulisi pitää mahdollisimman pienenä syöpäriskin pienentämiseksi. Skolioosikuvauksen yhteydestä rintasyöpäkuolemiin on olemassa viitteitä. USA:ssa tehtiin tutkimus 5 500 naisen kohortissa, joille oli tehty skolioosikuvaukset vuosina 1912–1965. Skolioosikuvia oli otettu keskimäärin 25 (0–618), ja keskimääräinen rinta-annos oli 10.8 cGy (0–170). Tässä kohortissa todettiin 77 rintasyöpäkuolemaa, kun odotettu määrä vastaavan kokoisessa kohortissa olisi ollut 46 rintasyöpäkuolemaa (OR 1.7) (Doody et al. 2000).

Skolioosikuvauksen sädeannosten lapsilla ja nuorilla on todettu vaihtelevan eri yliopistosairaaloissa Suomessa (1,8–400 μ Sv, Husso 2007). Huolellisella säteilusuojelulla, tarkalla rajauksella, sädesuojien käytöllä ja valitsemalla PA-projektio AP-projektion sijaan, voidaan pinta-ala-annoksessa päästä jopa 0,019 Gy*cm² (PA, Oys 2014). Skolioosikuvauksissa on siis mahdollista päästä hyvinkin pieniin annoksiin, kun ottaa huomioon, että hyvän käytännön mukainen lannerangan AP-kuvan annos englantilaisessa suosituksessa 10–15 v lapsella on 0,5 Gy*cm²/0,22 mSv (Cook ym. 1998). STUK:n vertailutaso (DAP) aikuisen lannerangan etu- ja sivukuvalle on 6 Gy*cm² ja keskimääräinen efektiivinen annos 2,0 mSv (2009).

Lähteet:

1. Cook J V, 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 (1998). Ian Allan Printing (UK) River Dene Estate, Molesey Road, Hersham Surrey KT12 4RG
2. Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE: Breast Cancer Mortality After Diagnostic Radiography: Findings From the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine* 2000 (25): 2052–2063
3. Hansen J, Jurik A, Fiirgaard B, ym: Optimisation of scoliosis examinations in children. *Pediatric Radiology* 2003;33:752–765.
4. Husso Minna, 2007. Lastenradiologian kurssin luentolyhennelmä: Säteilyannos skolioosikuvauksissa.
5. Kerttula L, Schlenzka D, Tallroth K: Skolioosin kuvantaminen. *Duodecim* 2004;120:2298–305.
6. Lastenradiologien ja STUK:n ohjeisto 2005: Hyvän kuvan kriteerit lastenradiologiassa
7. Malfair D, Flemming A, Dvorak M, Munk P, Vertinsky A, Heran M, Graeb D. Radiographic Evaluation of Scoliosis: Review. *AJR*:2010;194:S8–S22.
8. Ozonoff M: *Pediatric Orthopedic Radiology*. 2nd edition. Philadelphia, Saunders 1992; s.1–117
9. Trobisch P, Suess O, Schwab F: Idiopathic Scoliosis. *Deutsches Ärzteblatt International* 2010; 107(49):875–84

Natiivikuvantaminen lapsen pahoinpitelyepäilyssä

Rh Eija Örnmark, HUS-Kuvantaminen / Lastenklinikan röntgen

Lastenklinikan röntgenissä pahoinpitelyepäilykuvauksia tehdään vuosittain lähes kahdellekymmenelle lapselle.

Röntgenhoitajan osuus tässä hyvinkin voimakkaita tunteita herättävässä prosessissa on ottaa laadukkaat röntgenkuvat. Kuvat, joista näkee mahdolliset murtumat/löydökset. Tutkimus tulee suorittaa mahdollisimman optimaalisella sädeannoksella. Lasten kuvausarvojen suunnittelu tapahtuu ALARA-periaatteen (= optimoinnin periaate) mukaisesti.

Apuna meillä tässä toiminnassa on useampiakin ohjeistuksia, lainsäädännöstä ja EU-ohjeista lähtien. Suomen lasten radiologit, lasten radiologiaan perehtyneet röntgenhoitajat ja STUK ovat tehneet yhteistyössä Lasten röntgentutkimusohjeiston (2005) ja Lastenröntgentutkimuskriteerit 2008, STUK tiedottaa sarjaan.

HUS-kuvantamisella on oma menettelyohje (alle 2-vuotiaille kaltoinkohteluepäilyn yhteydessä): Lapsen luustoröntgen, kuvataan sairaalassa **alle 2-vuotiaasta** lapsesta kaltoinkohteluepäilyn yhteydessä.

Lasten röntgentutkimuksista saaman sädeannoksen pitäminen mahdollisimman alhaisena on tärkeää, koska lapset ovat paljon aikuisia herkempiä säteilyn haittavaikutuksille. Myös myöhäisvaikutusten riski on suurempi pidemmän odotettavissa olevan eliniän vuoksi. Lisäksi ulkoisten sädesuojien käyttö on osa säteilysuojelua.

Laitteiden tulee olla teknisesti kunnossa ja soveltua lasten tutkimuksiin. Meillä Lastenlinikalla lapsen luustoröntgentutkimukseen kuuluvat kuvat pyritään ottamaan suoradigilaitteella.

Lastenlinikalla on klinikoille oma toimintaohje, kuinka toimia pahoinpitelyepäilyn selvittämisessä. Ohjeen mukaan lapsi otetaan pääsääntöisesti tutkimusten ajaksi sairaalahoitoon. Akuutin terveydentilan kannalta tärkeät tutkimukset tehdään heti ja loput osastolta käsin. Alle 2-vuotiaan lapsen luustoröntgen, tutkimuskoodi NK6AA (tehdään kiireellisesti, arkipäivänä osastolta käsin). Päivystysaikaan kuvataan siis vain kipeä kohta. Jos lähettävä lääkäri katsoo olevan aihetta jatkoselvittelyille, otetaan tarvittavat röntgenkuvat virka-aikaan radiologin ollessa paikalla, jotta vältetään turhilta kuvauksilta.

Tutkimuksen kannalta on tarkoituksenmukaisinta, että osaston sairaanhoitaja/lastenhoitaja tulee sovittuna aikana lapsen kanssa röntgenkuviin. Lapsen omaa hoitajaa tarvitaan avuksi pitämään lasta paikoillaan. Toisena kiinnipitäjänä meillä on röntgenhoitaja. Tutkimusprotokollaan kuuluu paljon kuvia. Jotta tutkimus saadaan vietyä sujuvasti läpi, on tärkeää, että kaikki kuvaukseen osallistujat suhtautuvat tilanteeseen ammattimaisesti.

Tutkimuksen alussa sovitaan kuvausjärjestys. Lapsi kuvataan käytännössä kokonaan: Olkavarret, kyynärvarret, reidet, sääret, thorax (kylkiluut mukaan), kylkiluuviistot, lantio (niin, että lannenikamat näkyvät), kallo, kädet, jalat, selkärangan sivu. Radiologi tarkastaa kuvat, ja tarvittaessa otetaan lisäprojektioita esim. sivukuvia epäilyttäviä kohdista. Tutkimus pyritään sopimaan sellaiseen ajankohtaan, että kolmella rönt-

genhoitajalla on mahdollisuus osallistua kuvaukseen. Yksi toimii koneella valiten oikean kuvausohjelman, toinen asettelee ja kolmas on kiinnipitäjänä yhdessä sairaanhoitajan kanssa. Tutkimuksen kuvausarvot ja lukuohjelmat on tarkoin mietitty yhdessä radiologin kanssa. Pahoinpitelyepäilykuvissa ei saa olla liikaa kohinaa, vaan kuvien on oltava riittävän tarkkoja. Kuvausteknisten ongelmien kohdalla voimme käyttää fyysikon ja laitetoimittajan asiantuntemusta apuna. Kuvausautomaatiikkaa käytetään harkitusti.

Kiinnipitotekniikalla ja kuvien rajauksella on kuvien tulkinnan kannalta ratkaiseva merkitys. Viikonloppuisin tai röntgenosaston ulkopuolella kuvaus suoritetaan vain erityistapauksissa ja tarkkaan suunnitellusti, jotta paikalla olisi tarpeeksi henkilökuntaa.

Kirjallisuutta:

Säteilylaki

Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2006, 2005, 2004

European Guidelines on Quality criteria for diagnostic radiographic images in pediatrics
www.stuk.fi

Lasten röntgentutkimusohjeisto 1/2005

Lasten röntgentutkimuskriteeristö 1/2008

Lastenklinikan toimintaohje

HUS-kuvantamisen menettelyohje

Röntgenkuvien tulkinta lapsen pahoinpitelyepäilyssä

Anna Föhr, Lastenklinikan röntgen, HUS-Kuvantaminen

Jokaisen radiologin tulisi tunnistaa lapsen pahoinpitelyyn liittyvien vammojen tyypilliset kuvantamislöydökset, koska radiologille saattaa ensimmäisenä herätä epäily pahoinpitelystä varsinkin alle 2-vuotiailla lapsilla. Murtumat ovat pehmytkudosvammojen jälkeen toiseksi tavallisin vamma pahoinpitelyssä. Vuonna 2015 voimaan tullut lastensuojelulain muutos velvoittaa henkilöt, jotka ovat velvoitettuja tekemään lastensuojeluilmoituksen tekemään myös ilmoituksen suoraan poliisille epäiltäessä lapseen henkeen tai terveyteen kohdistunutta pahoinpitelyä. Pahoinpitelytutkimukset tulee aloittaa kaikista (THL Lastensuojelun käsikirja, Pahoinpitely)

- alle 1-vuotiaiden lasten luun murtumista
- kaikista alle 5-vuotiaiden lasten kylkiluun, olkaluun varren ja lapaluun ja nikamien murtumista
- molemmin puoleisista, pirstaleisista tai yli 1mm levinneistä kallonmurtumista
- epäiltäessä imeväisen ravistelua
- kaikista tarkkarajaisista tai kuuman esineen aiheuttamista palovammoista
- jos mustelmia on paljon ja/tai ne ovat muualla kuin säärissä, reisissä, kyynärvarsissa tai otsassa
- kaikki muutkin kaikenikäisten lasten murtumat ja vammat, joissa esitetöjen ja vammalöydöksen kesken on ristiriita ja joissa pahoinpitelytausta on mahdollinen.

Murtumat ovat lapsilla tavallisia tapaturmissa sekä pahoinpitelyssä. Pahoinpitelyepäilyssä kuvataan heti hoitoa vaativat vammat, yli 2-vuotiaasta kuvaukset vain oireiden ja kliinisten löydösten mukaan. Alle 2-vuotiailla lapsilla on todettu olevan hyötyä kaikkien luiden kuvaamisesta, jolloin voidaan todeta uusia tai eri-ikäisiä murtumia tai viitteitä luusairaudesta

Jatkotutkimuksia tarvittaessa ovat luuston gammakuvaus ja koko kehon magneettikuvaus. Luuston gammakuvauksessa kallon ja metafyysialueiden murtumat näkyvät huomattavasti kuin röntgenkuvissa, nikama- ja kylkiluun murtumat näkyvät paremmin. Magneettikuvauksessa ei käytetä säteilyä. Koko kehon magneettikuvauksessa pehmytkudosvammat sekä murtumat yleensä näkyvät hyvin. Metafyysien ja kylkiluiden murtumat voivat näkyä huonosti. Koko kehon magneettikuvaus on melko uusi tutkimusmenetelmä, jonka merkitystä lapsen pahoinpitelyepäilyssä selvitetään. Matala-annos tietokonetomografiakuvausta on esitetty kylkiluumurtumien toteamiseen.

Suurin osa pahoinpitelyyn liittyvistä murtumista on alle 1.5-vuotiailla lapsilla, tapaturmiin liittyvistä yli 5-vuotiailla. Pahoinpitelyepäily herää, jos kerrottu vammamekanismi ei sovi todettuun murtumaan. Myös multippelit murtumat ja eri-ikäiset murtumat ovat epäilyttäviä. Alle 1-vuotiaan, varsinkin liikkumattoman lapsen, murtuma on aina epäilyttävä. Mikään murtuma ei kuitenkaan ole pahoinpitelylle diagnostinen.

Kylkiluun murtumat vauvoilla ja pikkulapsilla johtuvat usein pahoinpitelystä. Vammamekanismi on tavallisesti rintakehän puristus. Ennen kalluksen kehittymistä murtumat voivat jäädä thoraxkuvassa näkymättä, tästä syystä nykyään suositellaan myös viistoprojektioita. Myös kontrollikuvaus 10–14 vrk kuluttua on hyödyllinen.

Vauvoilla tavallisimmin olka-, reisi- ja sääriluiden metafyysimurtumat (corner ja bucket-handle fracture, klassinen metafyseaalinen leesio) ovat aina epäilyttäviä. Vam-mamekanismi on kierto ja ravistelu.

Pitkien luiden ja kallon parietaaliluun murtumat ovat tavallisia tapaturmissa ja pahoin-pitelyssä. Reisiluun murtumat alle 1-vuotiailla ennen kuin lapsi on noussut seisomaan ja olkaluun varren ja lapaluun murtumat alle 3-vuotiailla herättävät epäilyn pahoinpi-telystä. Selkärangan, lantion, käsien ja jalkaterien murtumia todetaan harvemmin pa-hoinpitelyn yhteydessä.

Murtumien ajoitus on epätarkkaa. Yleensä voidaan kuitenkin todeta, onko murtuma uusi vai jo luutumassa, ovatko murtumat eri-ikäisiä. Ajoituksen tarkkuus on korkein-taan viikoissa. Murtuman ikää arvioidaan pehmytkudosturvotuksen, periosteaalisen uudisluun muodostuksen, kalluksen kehittymisen ja luun uudelleen muotoutumisen perusteella. Kallomurtumien ajoittaminen ei onnistu, koska niihin ei muodostu uudis-luuta. Turvotus ja kuhmu viittaavat tuoreeseen murtumaan. Metafyysien kulmamurtu-mat voivat luutua ilman uudisluumuodostusta 2–3 viikossa, jos periosti on ehjä.

Mitä vanhempi lapsi, sitä todennäköisemmin murtuma on tapaturmainen. Lasten mur-tumissa on kuitenkin pidettävä mielessä pahoinpitely. Mitä nuorempi lapsi, sitä suu-rempi sen mahdollisuus on. Vastasyntyneillä todetaan synnytyksessä tulleita murtumia kuten solis- ja olkaluunmurtumia, hyvin harvoin myös kylkiluun tai metafyysien mur-tumia. 1–6 kk ikäisillä lapsilla voi olla normaalia fysiologista periostireaktiota pitkien luiden varressa. Metabolisiin tauteihin kuten riisitauti voi liittyä metafyysien irtofrag-mentteja. Osteogenesis imperfekta on tavallisin luusairaus, joka aluksi diagnosoidaan virheellisesti pahoinpitelyksi. Se on kuitenkin harvinaisempi kuin pahoinpitely. Sitä useita eri tyyppejä, osassa ei ole selviä kliinisiä tai radiologisia löydöksiä. Osteogene-sis imperfektassa voidaan todeta röntgenkuvissa luissa alentunut kalkkipitoisuus ja kallossa normaalia enemmän saumaluuta.

Kirjallisuutta:

Lapsen kaltoinkohtelu, toim. Annlis Söderholm ja Satu Kivitie-Kallio. 2. painos. Kustannus Oy Duodecim. Helsinki. 2012

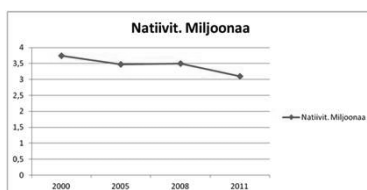
Teemanumero: Lapsen kaltoinkohtelu. Duodecim 10/2015, 131. vuosikerta

NATIIVIKUVANTAMINEN NUMEROINA

Sädeturvapäivät 29.-30.10.2015
Tampere-talo
Markku Pirinen, Säteilyturvakeskus

SÄTEILYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

Natiivitutkimusten määrä



Yhteensä röntgentutkimuksia n. 3,5 milj.

SÄTEILYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

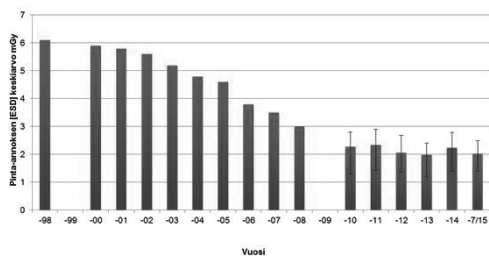
MMP
30.10.2015

2



Lanneranka-annoksen kehitys (tulokset jatkossa STUK:n tarkastuksista)

Lanneranka AP/PA (ESD)



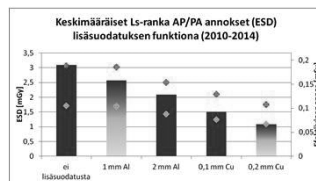
SÄTEILYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

MMP
30.10.2015

3



Lanneranka AP/PA, suodatuksen vaikutus annokseen



Efektiivinen annos
 ◆ AP-projektio
 ◆ PA-projektio

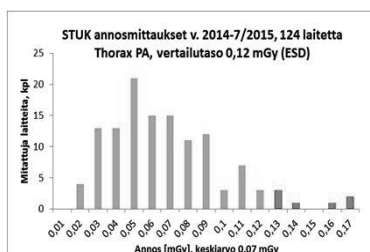
- Säteilyspektri erilainen riippuen lisäsuoduksesta
 - Vaikuttaa kuvanlaatuun
 - DAP ja ESD eivät täysin korreloi efektiivisen annoksen kanssa
 - Efektiivinen annos riippuu myös projektion suunnasta
 - Efektiiviset annokset simuloitu PCXMC-ohjelmalla

SÄTEILYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
 RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY 30.10.2015

MMP



Thorax (ESD) jakauma



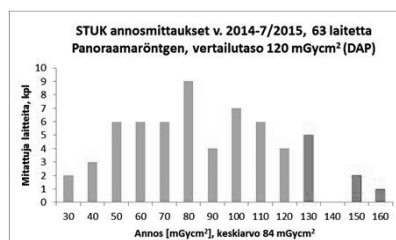
SÄTEILYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
 RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

MMP
 30.10.2015

5



Annoksen ja pinta-alan tulo/panoraamakuvaus



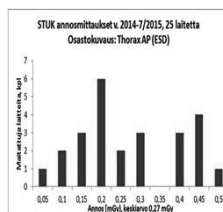
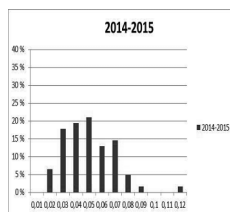
SÄTEILYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
 RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

MMP
 30.10.2015

6



THX (ESD)/taulukuvailmaisain luukuvaushuone/ osastokuvaus



Keskiarvo n. 0,05 mGy

SÄTELYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

MMP
30.10.2015

7

STUK

Taltiointimenetelmän muutos



SÄTELYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

MMP
30.10.2015

8

STUK

Tiivistelmä

- annoksissa edelleen suurta vaihtelua
- annokset laskeneet
- lisäsuodatuksen vaikutus näkyv tuloksissa

SÄTELYTURVAKESKUS • STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

MMP
30.10.2015

9

STUK

Onko natiiviröntgenkuva riittävä? (oikeutusarviointi)

Professori, radiologi Seppo Koskinen, Karoliininen Instituutti

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus (1) säteilyn lääketieteellisestä käytöstä määrittää oikeutusharkinnan perusteet siten, että säteilyaltistuksella saavutettavan hyödyn on oltava suurempi kuin siitä aiheutuva haitta, kun arvioidaan yhtäältä säteilylle altistavasta toimenpiteestä odotettavaa hyötyä, mukaan luettuna henkilölle koituva suora terveydellinen hyöty sekä yhteiskunnalle koituvat hyödyt, ja toisaalta altistumisesta henkilölle mahdollisesti aiheutuvaa haittaa. Säteilylle altistavan toimenpiteen oikeutus on arvioitava etukäteen, joten lähetteen tulisi luonnollisesti olla riittävän hyvä. Ja jos tutkimusta ei voida perustella oikeutetuksi, tulee se joko kieltää tai rajoittaa tilanteisiin, joissa sen käyttö yksittäiseen toimenpiteeseen on oikeutettua tapauskohtaisen huolellisen arvioinnin perusteella.

Oikeutusarviointiin onkin kiinnitetty viime vuosina enenevässä määrin huomiota erityisesti tietokonetomografiatutkimusten kohdalla, mikä on luonnollista kyseisen tutkimuksen muita ionisoivaa säteilyä käyttäviä menetelmiä selvästi suuremman sädeannoksensa takia. Osittain tämän takia (natiivi)röntgenkuvauksen oikeutusarviointi näyttää jääneen hieman vähäisemmälle huomiolle vaikka kuvantamistutkimuksista on määrällisesti edelleen suurin osa (3.2 milj., n. 90 % v. 2011) ”tavallisia” röntgenkuvia (2). Vaarana onkin, että röntgenkuvaa ei oteta vaikka se olisi tarpeen, tai niitä otetaan liikaa.

Röntgenkuvien tulkinnassa erityisesti tuki- ja liikuntaelimestön (TLE) kohdalla vaikuttaakin olevan jonkin verran aihetta korjaavalle liikkeelle. Oikeutusarviointi ja tulkinta kulkevat käsi kädessä, sillä oikeutusta voi olla vaikea arvioida jos natiivikuvasta saatavaa hyötyä ei tunneta riittävän hyvin. Monissa nivelvaivoissa kuvantaminen voidaan aloittaa tavallisella röntgenkuvalla (3), ja tutkimuksesta saatava hyöty riippuu luonnollisesti tulkitsijan taidoista eli diagnostisesta kyvykkyydestä. Viime aikoina on ollut aistittavissa, että diagnostisiin taitoihin panostaminen ja niiden arvostus on vähentynyt teknisen laadunvalvonnan ja hoitoprosessin hiomisen kustannuksella. On muistettava, että teknisesti täydellinen röntgenkuva ei auta mikäli tulkitsijan taidot ovat puutteelliset.

1. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000423>
2. Helasvuo T. (toim.). Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2011. STUK-B 161. Helsinki 2013.
3. ACR Appropriateness Criteria 2015 <http://www.acr.org/Quality-Safety/Appropriateness-Criteria>

Digitaalisen kuvan synty ja anatomia

Apulaisfyysikko Tuomo Starck, OYS

Röntgensäteilyn tuotto ja vuorovaikutus kuvauskohteessa

Kuvauksessa tarvittava kuvauskohteen osittain läpäisevä röntgensäteily tuotetaan röntgenputken sisällä törmäyttämällä hehkukatodilta irrotetut kiihdytetyt elektronit anodilautaseen. Elektronin ja atomien vuorovaikutuksen ollessa sopiva, eli elektronin suunnan ja nopeuden muutoksen ollessa raju, syntyy jarrutussäteilyä. Jarrutussäteilyn energijakauma on jatkuva ja maksimienergian määrittää käytetty putkijännite. Lisäksi, jos elektronien energia riittää irrottamaan anodimateriaalin atomien alimmilta elektroneilta elektroneja, syntyy anodin alkuaineelle ominaista karakteristista röntgensäteilyä ulkokuoren elektronien täyttyessä sisäkuoren aukot.

Pyörivän anodilautasen kaltevalle pinnalle osuvat elektronit määrittävät fokusalueen, joka ei käytännössä ole neliön muotoinen, vaikka kuvauslaitteissa fokuskoon valinnan symboli antaa näin ymmärtää. Pieni fokus tuottaa hieman terävemmän kuvan ja suuri fokus mahdollistaa hieman suuremman putkivirran nopeaa kuvausta varten. Vaihtuva fokuskoko voidaan toteuttaa kahdella vierekkäisellä hehkukatodilla tai hehkukatodin edessä olevalla säädettävällä poikittaisella sähkökentällä. Anodilautasen vinosta pinnasta syntyvästä röntgensäteilystä saadaan hyötykeila kuvantamista varten röntgenputken vaipassa olevasta aukosta. Anodikulman suuruus vaikuttaa Heel-efektin suuruuteen, joka tarkoittaa syntyvän röntgensäteilyn intensiteetin kulmariippuvuutta suhteessa anodin pintaan. Anodi itsessään vaimentaa jarrutussäteilyä, kun se syntyy pintaa syvemmällä. Tuloksena on heikompi säteilyintensiteetti anodin puolella säteilykeilaa, mutta epätasaisuutta kuvassa voidaan lieventää kasvattamalla kuvausetäisyyttä.

Röntgenputkessa on aina sisäinen suodatus, jolle on määrätty vähimmäisvaatimus 2,5 mm alumiinia. Kuvajännitteen ja lisäsuodatuksen valinnalla muokataan röntgensäteilyn energia sopivaksi tutkimusta varten. Säteilyn matalaenerginen osa ei vaikuta merkittävästi kuvantuottoon, mutta absorboituu turhaan potilaaseen, siksi lisäsuodatuksella voidaan tehokkaasti pienentää potilasannosta heikentämättä suuresti kuvakонтрастtia. Kuvauksen kannalta kapea energiaspektri olisi optimaalinen, mutta tarvittava paksu lisäsuodatus kuormittaisi huonon hyötysuhteen omaavaa röntgenputkea liiaksi. Käytännön pyrkimyksenä on operoida sädetehokkaalla toiminta-alueella, jossa säteilyä ei turhaan absorboitu potilaaseen ja kuvailmaisoin pystyy säteilyn tehokkaasti absorboimaan. Kuvassa kuuluu olla havaittavissa sopivasti kohinaa, joka aiheutuu merkittäviltä osin kvanttikohinasta eli fotonien lukumäärän paikallisesta satunnaisvaihtelusta.

Kuvakонтрастti perustuu röntgensäteilyn vuorovaikutukseen materian kanssa, vaikuttavat tekijät ovat aineen tiheys ja atomiluku. Potilaassa säteilyn vuorovaikutus pehmytkudoksessa ja luussa tapahtuu suurimmalta osin compton-sironnalla, jonka todennäköisyys riippuu lähinnä kudoksen tiheydestä. Compton-sironnassa röntgenfotoni luovuttaa osan energiastaan elektronille, joka irtaantuu atomista. Prosessissa fotonin suunta muuttuu ja aallonpituus pienenee, ja fotoni voi edelleen suuntautua kuvailmaisimelle. Sironneen säteilyn kuvassa aiheuttamaa kohinaa ja kontrastin merkittävää huonontumista voidaan tehokkaasti vähentää käyttämällä hajasäteilyhilaa. Toinen säteilyn ja

kohteen vuorovaikutus on valosähköinen ilmiö, jossa fotonit absorboituvat aiheuttaen elektronin irtoamisen. Valosähköisen absorptioon todennäköisyys on suurempi pienillä kuvausenergioilla sekä luussa, jossa kalsiumin korkea atomiluku on merkitsevä vaimennuserojen syntymiselle. Röntgensäteilyn energian kasvaessa säteily muuttuu läpikunkevammaksi ja kuvan kontrasti pienenee.

Säteilyn ilmaisu

Digitaalisessa kuvantaminen perustuu tyypillisesti säteilyn epäsuoraan konversioon näkyvän aallonpituuden valotuikahduksiksi, jotka muunnetaan valoilmiaisimella sähköiseen muotoon ja edelleen digitoidaan. Kuvantamisen fotonien energioilla pääasiallinen vuorovaikutus röntgensäteilyn ja detektorin välillä on valosähköinen ilmiö. Yleisimmin käytössä olevilla loisteaineilla absorptiomaksimit ovat suhteellisen lähellä toisiaan, noin 40 keV, mikä tekee detektorit suhteellisen herkäksi hajasäteilylle.

Perinteisemmässä levykuvantamisessa muodostetaan ns. latentti kuva eli ilmaisimateriaali (BaFBr) virittyy röntgensäteilyllä metastabiiliin viritystilaan. Viritystilan muodostaa ilmaisinkiteen johtavuus- ja valenssikaistojen väliin loukkuuntunut elektroni-aukko-pari, joka voidaan purkaa stimuloimalla laserilla. Saadaan aikaan valostimuloitu luminesenssi, jonka emittoima näkyvä valo ilmaistaan sähköiseksi signaaliksi valomonistinputkella ja edelleen digitoidaan. Merkittäviä kehitysaskelia levykuvantatekniikan tehokkuudelle ja tarkkuudelle ovat olleet mm. loisteaineen neulamainen rakenne ja stimuloidun valotuikkeen ilmaisu kuvalevyn molemmilta puolilta.

Suoradigitaalisessa kuvantamisessa on yleisimmin käytössä epäsuoran konversion tekniikka, jossa säteily ilmaistaan ensin tuikeaineella (yleisimmin CsI) valoksi ja valo edelleen puolijohdekomponenteilla (a-Si) sähköiseksi signaaliksi. Tuikekiteessä röntgenfotoni saa aikaan elektroni-aukkoparin virityksen samaan tapaan kuin levykuvantamisessa, mutta ilman merkittävää loukkuuntumista. CsI:ssä tallium-epäpuhtaudet johtavat suureen määrään luminesenssitapahtumia ja siten konversion hyvään tehokkuuteen. Tuikeaineen rakenne on hyvä olla neulamainen, jotta valotuike kohdistuisi mahdollisimman suoraan alapuoliselle puolijohteelle, josta sähköisen signaalin tie tietokoneelle alkaa.

Digitaalinen käsittely

Kuvailmaisimen vaste röntgensäteilylle on lineaarinen ja toiminta-alue laaja, mistä syystä yli- tai alivalotusta ei perinteisessä mielessä ole, mutta yli- tai alivalotuksen mahdollinen näkyminen lopullisessa kuvassa riippuu ohjelmiston toteutustavasta ja asetuksista. Myös kuvankäsittelyoperaatiot ja niiden toteutustavat vaihtelevat eri valmistajilla, mutta periaatteet ovat monille harrastajavalokuvaajille tuttuja. Kuvankäsittelyn keinoin pyritään luomaan sopiva kuva, jota ei tarvitsisi voimakkaasti ikkunoida kuvatulkitinta varten, mutta informaatiota ei kuvaan voida jälkikäteen lisätä.

Ensin kuva-alasta tunnistetaan automaattisesti kuvausalue sekä mielenkiintoalue. Tunnistus voi perustua intensiteettiarvojen histogrammiin, joka on ominainen eri kuvaus-tutkimuksille ja -projektioille.

Kuvan olennaisen osan esittämiseksi hyvällä kontrastilla kuvan intensiteettiarvot muunnetaan valitulla epälineaarilla muunnosfunktiolla (S-käyrä, LUT-käyrä) esitet-

täväksi harmaasävyasteikoksi. Tarkemman kuvaprosessoinnin ytimen muodostaa monitaajuusprosessointi, jota varten kuvalle tehdään hajotelma taajuusavaruudessa. Paikkataajuuksista saadaan eriytettyä komponentit matalasta korkeaan taajuuteen ja niille voidaan tehdä vaimennusta tai korostusta itsenäisesti. Pyrkimyksenä on korostaa

heikkojen kontrastierojen näkymistä. Matalat taajuudet vastaavat esimerkiksi vähitellen muuttuvaa pehmytkudoksen tiheyttä. Korkeita taajuuksia korostamalla saadaan kudusraja-
pinnat paremmin näkyviin. Korkeataajuuskorostukselle samanaikaista ei-toivottua kohinan korostusta voidaan vähentää rajoittamalla kuvan matala-annoksisten alueiden korostusta. Monitaajuusprosessointi yhdistettynä eri annostason omaavien kuvan osien eriytettyyn käsittelyyn on hyödyksi tutkimuksissa, joissa on suuri dynaaminen skaala kuten keuhkokuvaus tai lateraali rankakuvaus.

Kuva-arkistoon ja katselimille lähetetty kuva kannattaa harmaasävyesitykseltään olla muunnettu DICOM-standardin mukaisesti niin, että ihmissilmä pystyy havaitsemaan jokaisen askeleen harmaasävyasteikossa yhtäläisenä. Silmä on selvästi herkempi kontrastimuutoksille kuvan kirkkaassa kuin tummassa osassa. Tämä standardin mukainen prosessointi takaa yhtäläisen kuvaesityksen DICOM-kalibroiduissa näytöissä.

Röntgenhoitajan päätöksenteko natiivikuvan arvioinnissa – Hyväksyä vai hylätä?

Klininen asiantuntija Merja Wirtanen, HUS-Kuvantaminen

Vuonna 2011 Suomessa tehtiin 3 246 875 tavanomaista natiiviröntgentutkimusta^[1], joita tuottaa n. 2500 röntgenhoitajaa. Natiiviröntgentutkimuksissa röntgenhoitajat työskentelevät itsenäisesti, joskus toimipisteissä, joissa radiologi ei ole paikalla.

Kuvan hyväksyminen tai hylkääminen on päätöksentekotilanne. Päätöksentekoon liittyy aina valinnan tekeminen vähintään kahden vaihtoehdon välillä. Terveystieteiden tutkimuksessa päätöksenteko perustuu ammatilliseen tietoon ja kokemukseen. Röntgenhoitajan päätöksenteon pohjana on röntgenhoitajan tutkintoon johtanut koulutus. Valmistumisen jälkeen päätöksentekotaito kehittyy perehdytyksessä oppimalla oman yksikön käytäntöjä. Työkokemuksen lisääntyessä päätöksentekokyky kehittyy ja sitä parannetaan lisää täydennyskoulutuksella.

Suurella osalla tutkimuksia otetaan vähintään kaksi projektiota. Jokaisessa tutkimuksessa röntgenhoitaja tekee siten vähintään yhden päätöksen kuvan hyväksymiseksi tai hylkäämiseksi. Myös lisä- tai uusintakuvaustilanteissa tehdään sama päätös. Pelkäämistään kuvan hyväksymiseen liittyviä päätöksentekotilanteita voi karkeasti arvioida olevan vuodessa vähintään 6,5 miljoonaa. Projektioiden lukumäärän kasvaessa ja lisäkuvioiden myötä lukumäärä saattaa kasvaa jopa kaksinkertaiseksi.

Kuvan uusimisesta päättää röntgenhoitaja oman arvionsa perusteella sekä Suomessa että muualla^[2, 3, 4, 5, 6]. Jos röntgenhoitaja koki olevansa epävarma, hän konsultoi radiologia^[3, 6]. Kuva-arviointiin liittyvän valinnan (*hyväksyä, uusia tai hylätä*) röntgenhoitaja tekee joko täysin itsenäisesti tai kollegojensa kanssa. Radiologin konsultointi on harvinaisempaa kuin kollegan^[5, 6]. Kun arviointiin liittyi näkyvää vuorovaikutusta, keskusteltiin kuvan yleisestä riittävydestä, projektion suoruudesta, kuvan rajauksesta, kuvan yleisestä onnistumisesta/hyvydestä, artefaktoista, kuvausparametreista tai yleisesti kuvauskirjeereistä^[5]. Röntgenhoitajan itsenäiseen päätöksentekoon vaikuttavat harvoin muiden röntgenhoitajien toimintatavat uusinta- tai lisäkuvaustilanteissa. Päätöstä tehdessään röntgenhoitajat huomioivat potilaalle aiheutuvan potilasannoksen^[6].

Yleisimmin viitatuista radiografian oppikirjoista^[7, 8, 9] ei löydy tietoa kuvan uusimisesta. Bontragenin^[10] kirjassa on pieni kappale ”Minimum Repeat Radiographs” jossa lyhyesti kuvataan yleisimpiä uusimisen syitä. Vastaavia suomenkielisiä oppikirjoja ei ole. Weatherburn^[3] on todennut, ettei röntgenosastolla ole menettelytapaa kuvien uusimisesta. Oletettavasti näin on myös Suomessa.

Kuvan hylkäykseen vaikuttaa potilasryhmä, tutkimustyyppi, käytetty laitteisto, ja röntgenhoitajan taidot^[11]. Hukkaprosenttia laskettaessa lisäksi vaikuttaa hylkäysten rekisteröintitapa. Lisäksi uusintojen määrään vaikuttaa röntgenhoitaja ja potilas, kiire, työntekijöiden vähyys ja työn määrä^[12].

Kun on siirrytty analogisesta kuvantamisesta digitaaliseen filmitulosteiden kautta digitaaliseen arkistointiin, on röntgenhoitajan työnkulku muuttunut huomattavasti. Wide-
man ym.^[13] vertasivat työnkulun muutosta siirryttäessä analogisesta digitaaliseen kuvantamiseen ilman PACSia. Analyysin mukaan kuvanlaadun arviointiin käytettiin analogisessa kuvannassa keskimäärin 16 sekuntia ja digitaalisessa 17 sekuntia. Kurtin^[5]

mukaan päätöksenteko uusinta- ja lisäkuvaustilanteissa on nopeaa ja kestää keskimäärin alle 10 sekuntia. Kuva-arviointiin käytetty aika vaihtelee tutkimuksen ja potilaan terveydentilan mukaan. Haasteellinen kuvaustilanne (*asettelu*) vaikutti otetun kuvan arvioinnissa. Röntgenhoitajan kokemuksella on oletettavasti vaikutusta kuva-arvioinnin ajalliseen keston. Päätöksentekoon kuvan diagnostiseen laatuun vaikuttivat mm. tutkimuksen tuttuus ja poikkeamat kuvan laadussa.

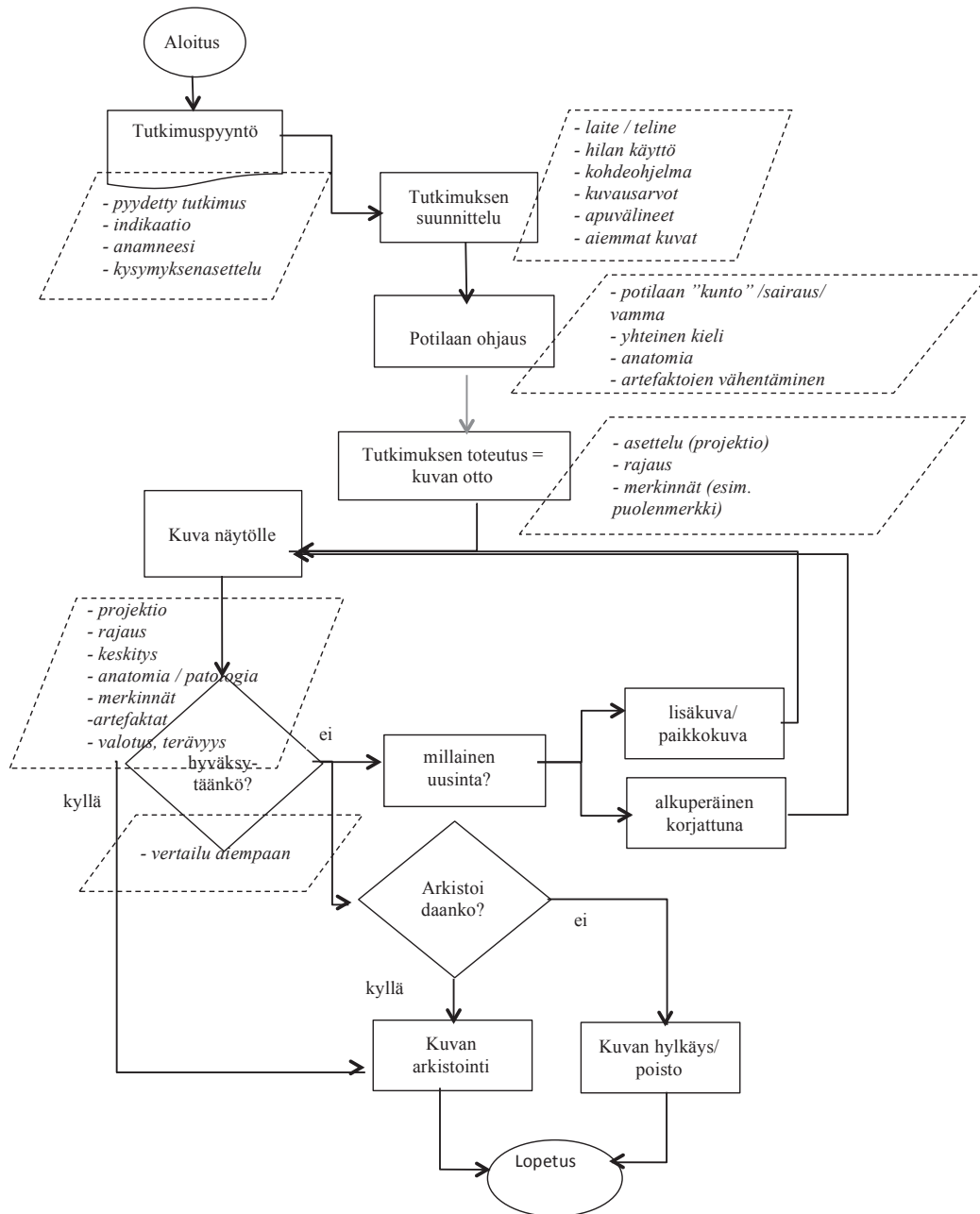
Röntgenhoitaja suunnittelee kuvauksen lähetteen tietojen perusteella. Lisätietoa saadaan edellisistä kuvista, potilaalta kyselemällä tai häntä havainnoimalla. Kuvauslaitteisto tai apuvälineet helpottavat tai saattavat asettaa rajoituksia kuvan ottamiseen. Yhteistyö potilaan kanssa on tärkeää hyvälaatuisen kuvan saamiseksi.

Aiemman kuvan katsomisella on todettu olevan vaikutusta kuvan uusimiseen. Jos ennen kuvausta lonkan, polven ja nilkan proteesikontrolleissa katsottiin edelliset kuvat, pieneni uusintojen määrää 33 %:sta 11 %:iin^[14].

Digitaalista kuvantamista käytettäessä uusintoja aiheutuu eniten röntgenhoitajien taidoista johtuvista syistä. Yleisesti suurin uusintoja aiheuttava syy on projektiovirhe vaihdellen n. 50–80 % kaikista uusinnoista.^[esim. 2, 15, 16] Aikanaan filmi-vahvistuslevy-kuvannassa suurin uusimisten syy oli valotusvirhe. Yhtä luokittelua käytettäessä valotusvirhe-kategoriassa oli todennäköisesti kuvia, joissa oli myös esim. asetteluvirhe. Digitaalisessa kuvannassa laajan dynaamisen alueen johdosta valotukseen liittyvät virheet ovat vähentyneet^[esim. 17].

Digitaalisen tekniikan, erityisesti taulukuvailmaisintekniikan, on arvioitu nostaneen uusintakuvien määrää. Syyksi on luonnollisesti arvioitu uusimisen helppous – uusitaan varmuuden vuoksi^[11, 17]. Uusintojen on todettu lisäävän ”tehottomuutta” – ne kuluttavat turhaa aikaa ja resursseja^[15].

Kuvio: Röntgenkuvan ottaminen prosessikuvauksena sekä hyväksymiseen tai hylkäämiseen vaikuttavia tekijöitä eri vaiheissa.



Lähteitä

- [1] Helasvuo T. 2013. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2011. STUK-B 161.
- [2] Peer S, Peer R, Giacomuzzi SM & Jaschke W. 2001. Comparative reject analysis in conventional film-screen and digital storage phosphor radiography. *Radiat Prot Dosim* 94(1–2):69–71.
- [3] Weatherburn G., Bryan S. & West M. 1999. A comparison of image reject rates when using film, hard copy computed radiography and soft images on picture archiving and communication systems (PACS) workstations. *The British Journal of radiology* 72: 653–660.
- [4] Nol J, Isousard G & Mirecki J. 2006. Digital repeat analysis: Setup and operation. *J Digit Imaging* 19(2):159–166.
- [5] Kurtti J. 2012. Hiljainen tieto ja työssä oppiminen – Edellytysten luominen hiljaisen tiedon hyödyntämiselle röntgenhoitajien työyhteisössä. Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto. Kasvatustieteiden yksikkö.
- [6] Heikkinen N & Juoperi S. 2011. Röntgenhoitajien toiminta uusinta- ja lisäkuvaustilanteissa. Opinnäytetyö, Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma, Oulu seudun ammattikorkeakoulu.
- [7] Frank MA, Eugene D, Long MS, Bruce W, Smith M & Barbara J. 2012. *Merrill's Atlas of Radiographic Positioning and Procedures*. 12. painos. Mosby
- [8] Carver E & Carver B. 2012. *Medical Imaging: Techniques, Reflection & Evaluation*, 2. painos. Churchill Livingstone.
- [9] Whitley AS, Sloane C, Hoadley G & Moore AD. 2005. *Clark's positioning in radiography*. 12. painos, Arnold.
- [10] Bontrager KL & Lampignano J. 2014. *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*, 8. painos. Mosby
- [11] Andersen ER, Jorde J, Taoussi N, Yaqoob SH, Konst B & Seierstad T. 2012. Reject analysis in direct digital radiography. *Acta Radiol.* 53(2): 174–178.
- [12] Pettigrew A. 2000. Ethical issues in medical imaging: implications for the curricula. *Radiography* 6 (4), 293–298.
- [13] Wideman C & Gallet J. 2006. Analog to digital workflow improvement: A quantitative study. *J Digit Imaging* 19(1):29–34.
- [14] Clark P. & Hogg P. 2003. Reject/repeat analysis and the effect prior film viewing has on a department's reject/repeat rate. *Radiography*, Volume 9, Issue 2, May 2003, Pages 127–137.
- [15] Jones K., Polman R., Willis C. & Shepard J. 2011. One Year's Results from a Server-Based System for Performing Reject Analysis and Exposure Analysis in Computed Radiography. *Journal of Digital Imaging* 24(2):243–55.
- [16] Foos D, Sehnert W, Reiner B, Siegel E, Segal A & Waldman D. 2009. Digital radiography reject analysis: data collection methodology, results, and recommendations from an In-depth investigation at two hospitals. *Journal of digital imaging* 22(1):89–98.
- [17] Waaler D & Hofmann B. 2010. Image rejects/retakes--radiographic challenges. *Radiation Protection Dosimetry*. 139(1–3):375–9.

Millainen on hyvä thoraxkuva tulkitsijan kannalta?

Radiologian erikoislääkäri Tiina-Talvikki Lehtimäki, KYS

Thoraxin alue sisältää paljon erilaisia rakenteita: keuhkot, sydän ja suuret suonet ym. välikarsinan rakenteet, palleat, luinen rintakehä jne. Se on anatomiansa vuoksi vaativa kuvauskohde, ja myös tulkinnan puolesta keuhkokuvat kuuluvat natiiviröntgenkuvien tai ehkä jopa kaikkien radiologisten tutkimusten vaikeimpiin. Thoraxkuvassa on paljon informaatiota sisältämistään elinryhmistä. Rakenteiden sekä poikkeavuuksien näkyminen perustuu ilmapitoisen keuhkon ja sitä tiiviimpien rakenteiden väliseen kontrastiin. Koska röntgenkuva litistää thoraxin monimutkaisen kolmiulotteisen anatomian kaksiulotteiseksi, rakenteet projisoituvat osittain päällekkäin, ja tiiviimmät kudokset peittävät harvempia kudusrakenteita alleen. Mm. tästä syystä thoraxkuvan tulkinta on usein haastavaa. Erityisen vaativaa on tulkita tehohoitopotilaiden makuukuvia, koska potilaat ovat alttiita saamaan sydän- ja/tai keuhko-ongelmia, jotka ilmenevät kuvissa usein samankaltaisina ilmatilan varjostumina aiheuttajasta riippumatta. Lisäksi tehohoitopotilailla on usein runsaasti erilaisia hoitoon ja valvontaan tarvittavia letkuja, johtoja yms. laitteita, joiden sijaintia tulee arvioida, ja jotka toisaalta vievät helposti huomion vaikeammin havaittavista löydöksistä.

Thoraxkuvan tekninen laatu vaikuttaa oleellisesti sen tulkittavuuteen. Hyvä keuhko-kuva on suora, otettu riittävässä sisäänhengityksessä, on rajattu oikein eli sisältää kaikki tarvittavat rakenteet pleurasoppia ja keuhkojen kärkiä myöten, ja on valotukseltaan ja kudskontrastiltaan sopiva. Kuvasta pitäisi ilmetä kuvausasento (seisten, maaten, istuen, puoli-istuvassa asennossa), koska asento vaikuttaa mm. rakenteiden geometriseen vääristymään ja painovoimavaikutuksen suuntaan potilaassa. Radiologi voi muokata kuvia jälkikäteen PACSissa esim. säätämällä tummuutta, lisäämällä reunakorostusta, tekemällä inversiokuvan tai suurentamalla kuvaa. Muokkausmahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset, eikä esim. alivalottumista tai kudskontrastia voi korjata. Vaikka valotusvirheet ovat digitaalisessa natiivikuvantamisessa epätodennäköisempiä kuin perinteisessä filmikuvantamisessa, voi kuvan alivalottuminen heikentää hentojen anatomisten tai patologisten rakenteiden havaittavuutta. Myös suboptimaalinen kuvankäsittely voi vähentää kuvasta saatavaa diagnostista informaatiota. Kuvan tulkitsijan kannalta onkin tärkeää, että kuvan laatu on valmiiksi riittävän hyvä PACSiin lähetettävässä.

Kirjallisuutta:

- Järvenpää R., Lauerma K. Thorax. Sydän ja verisuonet. Kirjassa: Soimakallio S, Kivisaari L, Manninen H, Svedström E, Tervonen O, toim. Radiologia. Helsinki: WSOY 2005, s. 93–211
- Järvenpää R, Laasonen K, Saarelainen S, Soimakallio S. Milloin röntgenkuvaus riittää keuhkosairauksien diagnostiikassa? Duodecim 2006;122:2517–22
- Thorax – hyvän kuvan kriteerit (HUS ammattilaiselle) <http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/natiivitutkimukset/kuvausoppaat>

Thoraxin kuvantaminen – miten hyvä kuva saadaan?

Apulaisosastonhoitaja, röntgenhoitaja Merja Perankoski, KYS

Natiivikuvantamisen perustana tulee olla asianmukainen ja riittävät kliiniset tiedot antava röntgenlähete. Kuvantamistapahtuman suunnitteluvaiheessa röntgenhoitaja varmistaa omalta osaltaan, että tutkimus on oikeutettu. Osana lähetteeseen tutustumista kuuluu potilaan vanhojen kuvien tarkastelu. Röntgenhoitajan työnkuvaan kuuluu myös laitteiden ja välineistön jatkuva laaduntarkkailu.

Röntgenhoitaja tunnistaa potilaan/asiakkaan ja haastattelee häntä. Ohjaustilanteessa korostuu turvallisuus, yksilöllisyys ja havainnointi. Keuhkokuvauksessa potilaan/potilaalta tulee aina mahdollisuuksien mukaan riisua ylävartalolta kaikki häiritsevät vierasesineet. Kuvaushuoneeseen kannattaa varata esimerkiksi hiustenlenkkejä pitkille hiuksille. Thorax-kuvausta pidetään usein helppona nopeana ”napin painamisena”, mutta parhaaseen mahdolliseen laatuun pääsemiseksi (Alara) kuvaustapahtuma vaati röntgenhoitajalta osaamista, aikaa, jatkuvaa tarkkuutta, luovuutta ja kärsivällisyyttäkin.

Tutkimushetkellä otetaan huomioon mm. potilaan ikä, koko sekä vointi, kuvausetäisyys, puolenmerkki, arvot, automatiikka, hilan käyttö, potilaan asento, säteilysuojelu, kuvan keskitys, rajausta, vierasesineet, hengitys, liike-epätarkkuus, kuvan jälkikäsittely ja muut kuvamerkinnot. Asettelyn suhteen kuitenkin pätee pääsääntöisesti samat opit ja niksit. Näihin seikkoihin perehdytään esityksessäni tarkemmin.

Kuvan jälkikäsittely vaatii röntgenhoitajalta kyseisen laitteen ominaisuuksien ja kuvankäsittelyn vaikutusten hallintaa. Kuvan uusimiseen ei pitäisi pitää liian korkeaa kynnystä. Hyvä kuva perustuu kuitenkin hyviin lähtökohtiin. Röntgenhoitajan tulee säännöllisesti nähdä ”oikeita” thorax-kuvia, hoitajilla täytyy olla käytössäkään tarpeeksi hyvä työasema kuvien tarkasteluun. Keuhkokuvia otetaan paljon ja hyviä kuviakin on paljon erilaisia, eri laitteilla, eri potilaista ja eri radiologien tulkitsemina. Nykyään tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota röntgenhoitajan kuvatulkinnan osaamiseen ja sen myötä päätöksentekoon sekä vastuuseen.

Optimointi vaatii myös laitteen käyttökouluttajalta vankkaa osaamista ja hyvää yhteistyötä laitteen käyttäjien kanssa.

Millainen on hyvä kaularangan natiiviröntgenkuva?

Erikoislääkäri Sirpa Savilahti, TAYS röntgen

Kysymyksenasettelun pohjalta projektiovalinta, esim. traumakaularangan projektiot etu-, sivu-, ja densprojektiot. Lisäksi viistoprojektiot juuriaukkojen arviointiin, taivutusprojektiot patologisen liikkuvuuden toteamiseen ja mahdollisesti nk. uimari/balettiprojektiot C7-nikaman parempaan visualisointiin.

1) Etuprojektiot:

- Kuvan rajaus C1-nikaman yläpuolelta Th1-nikaman alareunaan ja ihon reunasta toiseen, leveys vähintään 15 cm
- Dens kuvautuu niska-aukon keskellä, C3–C7 kuvautuvat selkeinä, nikamavälit avoimet, okahaarakkeet keskilinjassa

2) Sivuprojektiot:

- Kuvan rajaus korvakäytävän tasosta Th1-nikaman alareunaan, kaulan ihosta niskan ihoon, olkapäät eivät saa peittää alimpia kaulanikamia
- C4-nikaman ylä- ja alapäätelevyt sekä nikamien takareunat kuvautuvat yhtenä viivana, oikea ja vasen fasettinielä sekä diskusvälit päällekkäin; C7–Th1 välinen nivelrako kuvautuu avoimena; okahaarakkeet profiilissa

3) Densprojektiot:

- Kuvan rajaus takaraivosta C3-nikaman yläreunaan, leukakulmasta toiseen
- Dens kuvautuu niska-aukon keskellä, C2:n okahaarake keskilinjassa, atlanto-okkipitaalinen nivel erottuu, keskiylähampaiden purentataso kuvautuu kallonpohjan päälle, mandibula korkeintaan C2-nikaman alaosan päälle

4) Viistoprojektiot, noin 45 astetta AP/PA -suunnassa:

- Kuvan rajaus korvakäytävän tasosta Th1-nikaman alareunaan, kaulan ihosta niskan ihoon
- Projektiossa detektorista kauempana olevat juuriaukot kuvautuvat avoimina, pisanmuotoisina, koko suurenee C2 → C7; nikamien poikki- ja okahaarakkeet kuvautuvat päällekkäin, nikamavälit avoimet, nikamakorpusten anteriorisen puolikkaan kaaren pedikkelit erottuvat

5) Taivutuskuvat:

- Sivuprojektiot fleksiossa ja ekstensiossa, kuvausalueen projektioiden perusvaatimukset samat kuin neutraaliasennon sivuprojektiossa
- Rako densin ja C1:n anteriorisen kaaren välissä mitattavissa molemmissa taivutuksissa; taivutus kaularangan yläosasta lähtien mahdollisimman paljon eteen- tai taaksepäin (kipurajoitus)

6) Uimari/balettiprojektiot C6–Th1:

- Kuvausalue C6-nikaman yläpuolelta (tai sivusuunnan kuvassa huonosti erottuvan nikaman yläpuolelta) Th2-nikaman yläosaan, kaulan ihosta niskan ihoon
- Nikamien takareunat kuvautuvat päällekkäin, oikean ja vasemmanpuoleiset taaemat kylkiluut päällekkäin, C7–Th1 fasettinielä kuvautuu selvästi



1) Etuprojektio



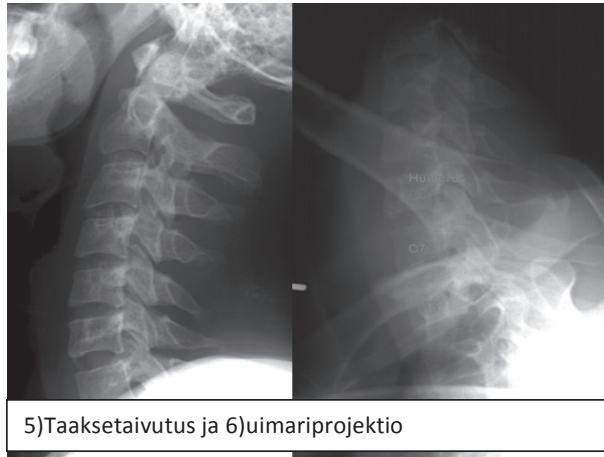
2) Sivuprojektio



4) Viistoprojektio, oikea



3) Densprojektio



5) Taaksetaivutus ja 6) uimariprojektio

Lähteet:

Kirjallisuus HUS Kuvantaminen, Hyvän kuvan kriteerit -opas, kuvat TAYS K- ja R-röntgen

Miten otan hyvät kaularankakuvat?

Röntgenhoitaja Outi Savijärvi, Tays

Kaularangan natiiviröntgenkuvaus on röntgenhoitajalle perustutkimus. Se saattaa kuitenkin asettaa haasteita, eikä hyvien kuvien ottaminen ole itsestään selvää. Kuvien hyvä laatu on erityisen tärkeää oikean diagnoosin saamiseksi. Haasteita saattaa aiheuttaa potilaan perussairaus, potilaan yhteistyökyky tai kovat kivut. Yksi ongelma on traumapotilaille asetetut liikkumattomuusvaatimukset. Kun kaularanka on stabiloitu kovakaulurilla, vaikeutuu esimerkiksi dens-projektion ottaminen huomattavasti.

Kaularangan perusprojektiioihin kuuluvat ap-, sivu-, ja viistoprojektiot. Traumatapauksissa on erityisen tärkeä ottaa myös dens-projektio, jolloin kaularangan ylimmät nikamat, dens ja atlas saadaan näkyviin. Kvantamisyksiköstä riippuen kaularangasta kuvataan jonkin verran myös taivutuskuvia.

Ap-projektio on yleisesti ottaen helpoin projektio. Tärkeää on, että potilas on kohtisuorassa säteisiin nähden. Pää tulisi olla suorassa. Traumatapauksissa potilas voi avata ap-projektiossa suunsa, jolloin dens saattaa kuvautua jo siinä hyvin. Dens-projektiossa potilas avaa suunsa, ja säteet kohdistetaan keskelle suuta. Ideaaliasennossa potilaan niska on melko pitkänä ja hän avaa suutaan vain laskemalla alaleukaa alas. Mikäli hampaat tai kallonpohja kuvautuvat ylimpien nikamien päälle, täytyy pään asentoa hieman muuttaa tai kipata putkea.

Viistoprojektiossa potilasta viistotaan 45 astetta detektoriin nähden. Tärkeintä on saada juuriaukot kuvautumaan avonaisina. Leuka tulisi osoittaa suoraan eteenpäin, jotta se ei peitä ylimpiä nikamia.

Sivukuva on helpoin ottaa potilaan seisoessa, jolloin selän asento on luonnollisin. Potilaan tulisi seistä hyvässä luonnollisessa ryhdissään. Hartiat pitäisi olla mahdollisimman rentona, jotta kaularangan kaikki nikamat kuvautuisivat hyvin. Mikäli potilaan vointi sallii, hänelle voi antaa käsiin esimerkiksi täytetyt vesikanisterit. Ne auttavat olkapäitä ”tippumaan” alas. Painojen on syytä olla yhtä painavat, että potilaan asento ei kallistuisi sivulle. Jos potilas pitää kuvata maaten, niin hartiat tulevat erityisen helposti alimpien nikamien eteen. Tällöin voi käyttää apuna esimerkiksi kiinnipitäjää, joka vetää potilaan käsiä varpaita kohti kuvanottohetkellä.

Mikäli alimmat nikamat eivät kuvaudu hartioiden vedosta huolimatta, voidaan ottaa ns. balettikuva (kutsutaan myös uimarin projektioksi). Sen tarkoituksena on saada C7–T1-taso kuvautumaan. Se on sivukuva, jossa toinen käsi nostetaan pään päälle. Toista olkapäätä käännetään hieman eteen ja toista taakse, jolloin kummankaan olkapään ei pitäisi kuvautua nikamien päälle.

Traumapotilailla havainnollistavimmat projektiot ovat ap-, sivu- ja dens-projektiot. Mikäli potilas pystyy seisomaan tai istumaan, kannattaa ottaa myös viistokuvat, sillä niistä voidaan havaita subluksaatioita. Maaten kuvatut viistot ovat usein niin huonolaatuisia, että ne eivät anna tutkimukselle juurikaan lisäarvoa. Mikäli diagnoosi jää epäselväksi natiivikuvien perusteella, voidaan traumatapauksissa lisätutkimuksena tehdä mahdollisuuksien mukaan myös tietokonetomografiatutkimus.

Polven ja nilkan natiiviröntgenkuvaus

Erikoislääkäri Sannamari Lepojärvi, OYS

• Miksi kuvataan? Mitä etsitään?

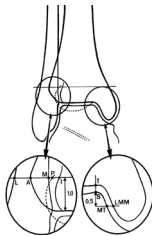
• Vammat

- Murtumat: lukuisia erilaisia, Lauge-Hansen, plateau, Tillaux, Maisonneuve ...
- Avulsiomurtumat: ristiligamentit, sivusiteet, patellofemoraaliligamentit
- Osteokondraaliset vammat (patella, telaluu)
- Irtokappaleet (sekä posttraumaattiset että degeneratiiviset)

• Artroosi: nivelraon madaltuma, reunakielekkeet, skleroosi, kystat, deformiteetti

• Muut:

- Artriitti: nivelrako madaltuu kauttaaltaan, harvoin polvi, usein nilkka (subtaloniivel)
- Avaskulaarinekroosi: nilkassa telaluu, polvessa femurkondylit
- Osteokondritis dissecans: polvessa femurkondylit, nilkassa telaluu (voi aiheuttaa irtokappaleen)
- Rasitusmurtumat: polvi (sääriluun prox.pää), nilkka (pohjeluu distaalipää)
- Luukasvaimet: pääosa benignejä, malignit: usein nuori + polvi (femurin distaalipää)



Polvi

PA: Peruskuvauksen aikuisten epämääräisen polvivaivan selvittelyssä

- Kulumat yleisin syy: PA-kuvassa näkee alkavan nivelraon madaltuman paremmin
- nivelraon madaltuma, reunakielekkeet, skleroosi, kystat, deformiteetti

AP: Traumat, nuoret

- Murtumat, avulsiot, patellan sijainti, irtokappaleet, polvinivelen ryhti (varus-valgus)

Sivukuva: Nivelraon madaltuma, patellan sijainti, irtokappaleet

Nilkka

Mortise: 15–20° mediaalinen viisto, jossa nivelhaarukka avoin. Nähdään taluksen mediaali- ja lateraalipuolelta nivelraon leveneminen eli onko epäsuoraa epästabiilitettiin viittaavaa (joko merkittävään nivelsidevamman tai post.op. fiksaation pettämiseen viittaavaa). Nivelraon korkeus, nivelhaarukan leveys, murtumat (mediaali-lateraalimalleoli, nivelpinta), avulsiot, irtokappaleet, kantaluun asento

AP: Mainitaan peruskuvana, mutta käytännössä mortisea ortopedit näyttävät haluavan

Sivu: Nivelrakojen korkeus (TC-nivel, subtaloniivel), murtumat (malleolit, takakolmio, kantaluun), avulsiot, irtokappaleet, jalkaterän ryhti

Haastavaa natiivikuvantamista – Miten saadaan hyvät kuvat polvesta ja nilkasta? (luento pohjautuu OYS:n kuvauskäytäntöihin)

Röntgenhoitaja Heli Virenius, Carea, Pohjois-Kymen sairaalan röntgen

Hyvän röntgenkuvan saaminen edellyttää hyvän kuvan kriteerien tuntemista. Tärkeää on tiedostaa, mitä kuvasta katsotaan ja miten anatomiset rakenteet sijoittuvat kuvassa. Hyvän kuvan kriteerit ohjaavat röntgenhoitajan työskentelyä asetteluvaiheessa, kun kriteerejä pyritään asettelulla täyttämään.

MIKÄ TEKEE KUVAUKSESTA HAASTAVAN?

- Potilaan asettelu kuvaan
 - potilaan yhteistyökyky, liikuntakyky, tasapaino, kehonrakenne, sairaudet
 - anatomiset poikkeavuudet, liikerajoitukset, operaatiot, murtumat, kipsit
 - anatomian tuntemus ja hahmottaminen, kohdealueen palpointi
- Kuvien tarkastelu
 - millainen on riittävä kuva?
 - miten korjaan potilaan asentoa, jotta saan hyvän kuvan?

MIKÄ HELPOTTAA KUVAUSTA?

- Hyvä lähete: selkeä indikaatio
- Selkeät ohjeistukset: mitä kuvausprojektiota
- Hyvät kuvausohjeet: miten kuvat otetaan
- Kuvaus- ja tukitelineet, apuvälineet
- Selkeät ohjeet potilaalle, kuvausasennon havainnollistaminen

Polven ja nilkan kuvausprojektioidissa pyritään nivel kuvaamaan ensisijaisesti rasi-
tustusta, poikkeustapauksissa kuvat voidaan ottaa myös makuuasennossa. Potilaan sei-
soessa luonnollisessa asennossa saadaan selville nivelen normaali rasi-
tustustila.

POLVEN ASETTELU:

- Luonnollinen seisoma-asento
 - niitassa polvi suoraan eteenpäin nivelakselin mukaisesti (ei poikkeavaa rasi-
tusta niveleen)
 - paino koko kuvattavalla jalalla
 - polvi ja nilkka samassa linjassa
 - polvinivel suorassa, kohtisuoraan kuvausdetektoria vasten
 - keskisäde nivelrakoon
- Polven tunnusteleminen
 - polvi suoraan eteenpäin, tunnustelu femurin condyleista
 - sivu: epicondylit samassa linjassa detektoriin nähden
 - AP: epicondylit yhtä kaukana detektorista
 - polvilumpion sijainti condyleihin nähden yksilöllistä
- Kääntö tapahtuu polvesta, muu jalka seuraa mukana luonnolliselta tuntuvaan asen-
toon

NILKAN ASETTELU:

- Koko alaraajan luonnollinen asento seisoessa
 - vältetään virheellisen asennon aiheuttama vääristymä kuvattavaan niveleen
 - polvi ojennettuna suoraksi, nilkka 90-asteen kulmassa
 - paino molemmilla jaloilla
 - keskisäde nivelrakoon
- Nilkan tunnusteleminen
 - nilkkanivel suoraan eteenpäin, tunnustelu malleoleista
 - sivu: lateraalimalleoli hieman taempana kuin mediaalimalleoli
 - AP: lateraalimalleoli hieman lähempänä detektoria kuin mediaalimalleoli
 - kohtisuorat projektiot; molemmissa projektioissa nilkka käännettynä yhtä paljon
- Kääntö tapahtuu nilkasta, ei kierretä jalkaterää

Kuvia tarkasteltaessa peilataan niiden riittävyttä hyvän kuvan kriteereihin. Mikäli kriteerit eivät täyty, joudutaan potilaan asentoa muuttamaan paremman kuvan saamiseksi. Parempi kuva edellyttää, että osataan katsoa yleisiä anatomisia tuntomerkkejä kuvasta.

POLVIKUVIEN TARKASTELU:

- AP-kuvassa reisuluun condylit kuvautuvat symmetrisesti yhtä leveänä sekä sääri- ja pohjeluun proksimaaliset päät osittain päällekkäin
 - esim. polven ollessa liikaa ulkorotaatiossa lateraaliset rakenteet (lateraalicondyli ja pohjeluu) kuvautuvat muiden rakenteiden taakse
- Sivukuvassa condylit kuvautuvat päällekkäin sekä pohjeluun pää sääriluun takakolmannekseen
 - asettelussa lateraalicondyli seuraa pohjelua jalkaterän asennon mukaisesti
 - esim. esim. polven ollessa liikaa ulkorotaatiossa molemmat kuvautuvat liian takana sivukuvassa

NILKKAKUVIEN TARKASTELU:

- AP-kuvassa lateraalinen ja mediaalinen nivelrako auki sekä kantaluuta näkyvä kuvassa
 - esim. nilkan ollessa liikaa sisärotaatiossa lateraalimalleoli kuvautuu liian edessä ja jopa kantaluun kanssa osittain päällekkäin
- Sivukuvassa telaluu kuvautuu suorana sekä pohjeluun alaosa sääriluun takakolmanneksen päälle
 - esim. mikäli nilkka ei ole riittävästi sisärotaatiossa, pohjeluu kuvautuu liian taakse ja telaluun nivelpinta on nähtävissä kaksoisääriviivana

Röntgenkuvien kriittinen tarkastelu hyvän kuvan kriteerien avulla auttaa ylläpitämään röntgenhoitajan ammattitaitoa ja kuvien hyvää laatua. Radiologeilta saatu palaute anatomian oikeasta kuvautumisesta ohjaa röntgenhoitajan työskentelyä asetteluvaiheessa ja kuvia tarkasteltaessa. Hyvät röntgenkuvat vaativat jatkuvaa moniammatillista yhteistyötä kuvien ottajien ja niitä katsovien välillä.

