



# SÄDETURVAPÄIVÄT

# 48. SÄDETURVAPÄIVÄT

30.–31.10.2025

**Tampere-talo**



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>Ohjelma</b> .....	<b>4-12</b>
<i>Röntgenhoitajat Riitta-Liisa Ronkainen ja Johanna Siromäki, OYS</i> Lasten keuhkokuva, asettelu, käytännöt ja haasteet.....	<b>13</b>
<i>Röntgenhoitaja Milla Vesanto, HUS</i> Itsearvioinnit: Käytännön esimerkkejä.....	<b>15</b>
<i>Rintakirurgi Katriina Joensuu, TAYS</i> Kuvantamisen vaikutus rintakirurgiaan.....	<b>16</b>
<i>Röntgenhoitaja Emilia Aalto, HUS</i> Asettelu mammografiakuvauksessa.....	<b>17</b>
<i>Johtava asiantuntija Paula Toroi, STUK</i> Mammografian säteilyannokset muuttuvat.....	<b>18</b>
<i>Radiologi Pieta Ipatti, OYS</i> Varjoainetehosteinen mammografia.....	<b>19</b>
<i>Post op -tutkija, röntgenhoitajaopiskelija Tiina Väre, Oulun yliopisto</i> Posterin, abstrakti - Yhteistyön vuosikymmenet – Lääketieteellisen tiedekunnan ja Arkeologian oppiaineen kuvantamista hyödyntävät yhteisjulkaisut läpi vuosien.....	<b>21</b>
<i>Laatupäällikkö Arttu Peuna, HYVAKS</i> Posterin, abstrakti: Väestöpohjaisilla regressiomalleilla tutkimusmäärien kehittymisen ennakointiin.....	<b>22</b>
<i>Sairaala fyysikko Anna Kelaranta, Terveystalo</i> Posterin, abstrakti: Lasten rintakehän röntgentutkimusten alustava optimointi useilla eri laitteilla.....	<b>24</b>
<i>Erikoistuva fyysikko Venla Repo, Eloisa</i> Posterin, abstrakti: Tomosynteesin laadunvalvonta.....	<b>25</b>
<i>Väitöskirjatutkija Samuel Onnela, Oulun Yliopisto</i> Posterin, abstrakti: Putkivirran modulaatio vähentää potilasannosta ja parantaa kuvanlaatua: simulaatiotutkimus.....	<b>26</b>
<i>Röntgenhoitaja Maritta Timonen, Kainuun HVA</i> Posterin, abstrakti: Panoraamatomografian (PTG) kuvanlaatu vaihtelee merkittävästi hoitajien välillä.....	<b>27</b>
<i>Röntgenhoitaja Inga-Maarit Takalo, PAIJATHA</i> Posterin, abstrakti: Putkosen view: too much technique or not enough? Comparing Image Quality and Dose Between Diverse Radiographic T echniques for Two Shoulder Views: A Phantom Study.....	<b>28</b>
<i>Neurologi Anne Koivisto, HUS</i> Muistitutkimukset ja kuvantaminen, klinikon näkökulma.....	<b>30</b>
<i>Radiologi Lauri Koponen, OYS</i> Muistipää.....	<b>31</b>
<i>Sairaala fyysikko Juha Peltonen, HUS</i> Sydänlihaksen kvantitatiivinen kuvantaminen, T1-, T2 ja ECV-kartat.....	<b>32</b>



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## SISÄLLYSLUETTELO

<i>Röntgenhoitaja Katja Kärkkäinen, HUS</i> Säteilypelkoisen potilaan kohtaaminen.....	<b>33</b>
<i>Sairaalafyysikko Siru Kaartinen, KYS</i> Raskaana oleva potilas ionisoivaa säteilyä hyödyntävässä radiologisessa tutkimuksessa tai toimenpiteessä.....	<b>34</b>
<i>Röntgenhoitajat Anne Komsu ja Inkeri Peltonen, HUS</i> Lasten kaltoinkohteluopäilyt: kuvaaminen käytännössä.....	<b>35</b>
<i>Radiologi Sanni Raerinne, TAYS</i> Osastokuvauksen haasteet.....	<b>36</b>
<i>Röntgenhoitajat Anniina Hakso-Terävä ja Johanna Tiitto, OYS</i> Tehohoitoipotilaan thorax kuvantaminen.....	<b>37</b>
<i>Radiologi (eval) Maja Hartikainen, KYS</i> Kooste potilastapauksesta.....	<b>38</b>
<i>Gynekologi Henna Rossi, OYS</i> Endometrioosi.....	<b>39</b>
<i>Radiologi Hannastina Hasan, HUS</i> Endometrioosin kuvantaminen.....	<b>40</b>
<i>Radiologi Suvi Marjasuo, HUS</i> Perianaalialueen kuvantaminen.....	<b>42</b>
<i>Radiologi Johanna Kallio, TYKS</i> Urologiset kiputilat.....	<b>43</b>
<i>Radiologi Antti Kemppainen, OYS</i> Päivystyksen akuutit murtumakuvat.....	<b>45</b>
<i>Sairaalafyysikko, Satu Inkinen, HUS</i> Laadunvalvonta tekoälysovelluksissa radiologiassa.....	<b>46</b>
<i>Radiologi Sannamari Lepojärvi, Terveystalo</i> Ikääntyvän jalkaterämuutokset: aikuisen hankinnainen lattajalka.....	<b>48</b>
<i>Radiologi Liisa Kerttula, Pihlajalinna</i> Diabeetikon jalkaterä.....	<b>49</b>
<i>Radiologi Ila Kohonen, TYKS</i> 'Reumajalka', kuvantamistutkimukset diagnostiikan apuna.....	<b>51</b>
<i>Tarkastaja Olli Ala-Mursula, STUK</i> Radiologisten tutkimusten määrät vuonna 2024.....	<b>52</b>
<i>Tarkastaja Verner Ruonala, STUK</i> Vertailutasot optimoinnin välineenä.....	<b>53</b>
<i>Yliopistonlehtori Arttu Miettinen, Jyväskylän yliopisto</i> Diagnostisten terveystieteiden maisteriohjelma – jatkotutkintoväylä röntgenhoitajille ja bioanalytikoille. ....	<b>54</b>



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>Posterit</b> .....	<b>55</b>
<i>Tiina Väre et al., Oulun yliopisto</i> Yhteistyön vuosikymmenet – Lääketieteellisen tiedekunnan ja Arkeologian oppiaineen kuvantamista hyödyntävät yhteisjulkaisut läpi vuosien.....	<b>55</b>
<i>Lassi Hirvonen et al., HYVAKS</i> Väestöpohjaisilla regressiomalleilla tutkimusmäärien kehittymisen ennakointiin.....	<b>56</b>
<i>Anna Kelaranta et al., Terveystalo</i> Lasten rintakehän röntgentutkimusten alustava optimointi useilla eri laitteilla.....	<b>57</b>
<i>Venla Repo et al., Eloisa</i> Tomosynteesin laadunvalvonta.....	<b>58</b>
<i>Tero Hyvärinen et al., Oulun Yliopisto</i> Putkivirran modulaatio vähentää potilasannosta ja parantaa kuvanlaatua: simulaatiotutkimus.....	<b>59</b>
<i>Maritta Timonen, Kainuun HVA</i> Panoraamatomografian (PTG) kuvanlaatu vaihtelee merkittävästi hoitajien välillä.....	<b>60</b>
<i>Inga-Maarit Takalo, PAIJATHA</i> Putkonen view: too much technique or not enough? Comparing Image Quality and Dose Between Diverse Radiographic Techniques for Two Shoulder Views: A Phantom Study.....	<b>61</b>
<i>Jarkko Iivari, POHDE</i> Onko annoskeräyksissä 10 potilaan otanta riittävä?.....	<b>62</b>
<i>Oskar Çelik et al., HYVAKS, TAYS</i> Kohdennetuilla interventioilla kardiologien toimenpidealtistukset minimiin.....	<b>63</b>
<i>Ari Petteri Ronkainen, PSHVA</i> Retrospektiivinen arvio 3D -kattokameran vaikutuksesta potilaiden keskittämiseen TT-tutkimuksissa.....	<b>64</b>
<i>Eneh Chibuzor et al., TYKS</i> Dental CBCT Under Scrutiny: Revealing Gaps in Patient Dose Optimization Practice.....	<b>65</b>
<i>Eeva-Maija Järvi et al., Kanta-Hämeen HVA</i> Kuvausjännitteen ja potilaskoon vaikutus säteilyn sirontaan tietokonetomografiassa.....	<b>66</b>
<i>Viivi Valkama et al., Helsingin yliopisto</i> Röntgensäteilyn puoliintumispaksuuden mittausmenetelmien vertailu.....	<b>67</b>
<i>Ulla Koppelomäki, OAMK</i> Röntgenhoitajien kokemukset vapaa-ajan vaikutuksesta työhyvinvointiin.....	<b>68</b>
<i>Santeri Rytty et al., POHDE</i> RapidArc-kaarihoitojen automaattinen laadunvarmistus.....	<b>69</b>
<i>Viljami Sairanen et al., Kanta-Hämeen HVA</i> Säteilysiirron mallintaminen koneoppimisella.....	<b>70</b>
<i>Johannes Ahlnäs et al., Kymen HVA</i> Novel reject and effective dose analysis in digital radiography – a Finnish imaging department study.....	<b>71</b>



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

### Sädeturvapäivät 30.-31.10.2025

Sädeturvapäivät järjestetään tänä vuonna 48. kerran. Koulutus järjestetään hybridimallilla, jossa sekä paikan päällä osallistuminen että etäosallistumien on mahdollista.

**Etäalusta.** Kaikki lähi- ja etäosallistujat saavat tunnukset etäalustalle.

Prospectum Oy:n Eventos-alustalta löytyy mm. luennot, posterinäyttelyn posterit sekä näyttelyyn osallistuvien firmojen tiedot. Päivä- ja salikohtaiset luentotallenteet katsottavissa tapahtuman jälkeen etäalustalla 1.12.2025 saakka.

**Nimikortti.** Paikan päällä osallistuville ilmoittautumisen yhteydessä annettu nimikortti on pidettävä koko ajan näkyvillä Tampere-talossa Sädeturvapäivien alueella. Nimikortti oikeuttaa pääsyn luennoille, kahvi- ja lounastarjoiluihin sekä iltatilaisuuteen.

**Rekisteröinti- ja infopiste** on avoinna torstaina 8:30–16:00 ja perjantaina klo 8:00–14:00.

**Näyttely** on avoinna torstaina klo 9:30–15:00 ja perjantaina klo 8:00–13:30.

**Posterinäyttelyn** posterit ovat esillä elektronisella näytöllä Sorsapuistosalissa muun näyttelyn yhteydessä. Postereihin voi tutustua livenä näyttelyn aukioloaikoina tai etäalustalla.

**Iltajuhla** järjestetään torstaina klo 18:30–23:00 Tampere-talon Sorsapuistosalissa. Iltajuhlan yhteydessä tarjolla on buffet-illallinen. Istumapaikkoja löytyy 2. krs:n Sopraano-tilassa. Nimikortti toimii pääsylippuna iltajuhlaan, muista ottaa nimikortti mukaan!

**Osallistumistodistukset** lähetetään sähköpostitse Sädeturvapäivien jälkeen. Koulutuksesta myönnetään STM:n asetuksessa (1044/2018) liitteessä 5 tarkoitettua säteilysuojelun täydennyskoulutusta todistuksessa ilmoitetun määrän mukaisesti.

Käytännön järjestelyistä vastaa Talo Events Oy, kongressitiimi, puh. 03 233 0400 sadeturva.paivat[at]taloevents.fi ja järjestelytoimikunnan sihteeri Sari Virsula, puh. 040 743 3237 sari.virsula[at]terveystalo.com.

### Sädeturvapäivien järjestelytoimikunta 2025

Roberto Blanco, puheenjohtaja

Sari Virsula, sihteeri

Pasi Lepola

Mikko Nyman

Petra Tenkanen-Rautakoski

Elias Vaattovaara

Aria Yar

Kirsi Lauerma

Minttu Rantahalvari-Määttä

Jessica Koenkytö

Siru Kaartinen

Terhi Kauppila



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

### Torstai 30.10.2025

- 8.30–9.30 Aamukahvi, 2 krs. Ison salin lämpiö
- ISO SALI**
- 9.30–9.40 Avaussanat  
Järjestelytoimikunnan puheenjohtaja
- 9.40–10.10 Carl Wegelius -luento
- 10.10–11.00 KeyNote -luento
- 11.00–12.30 *Näyttelyyn tutustuminen ja lounas (Sorsapuistosali)*

### ISO SALI

#### Kuvantamisen arkea

- Puheenjohtaja Tarja Tarkiainen
- 12.30–12.50 Lasten keuhkokuva, asettelu, käytännöt ja haasteet  
Röntgenhoitajat Riitta-Liisa Ronkainen ja Johanna Siromäki, OYS
- 12.50–13.10 Itsearviointit: Käytännön esimerkkejä  
Röntgenhoitaja Milla Vesanto, HUS
- 13.10–13.20 Keskustelu
- 13.20–14.00 *Näyttelyyn tutustuminen ja kahvi (Sorsapuistosali)*

#### Mammon ajankohtaiset

- Puheenjohtaja Annukka Salminen
- 14.00–14.20 Kuvantamisen vaikutus rintakirurgiaan  
Rintakirurgi Katriina Joensuu, TAYS
- 14.20–14.40 Asettelu mammografiakuvauksessa  
Röntgenhoitaja Emilia Aalto, HUS
- 14.40–15.00 Mammografian säteilyannokset muuttuvat  
Johtava asiantuntija Paula Toroi, STUK
- 15.00–15.20 MIMO  
Röntgenhoitaja Kaisa Kuparinen, TAYS
- 15.20–15.40 Kryoablaati  
Radiologi Katja Hukkinen, HUS
- 15.40–16.00 Varjoainetehosteinen mammografia  
Radiologi Pieta Ipatti, OYS



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

**Torstai 30.10.2025**

### PIENI SALI

#### Tieteelliset posterit

Puheenjohtaja Jussi Hirvonen ja Mika Korttesniemi

- 12.30–12.40 Yhteistyön vuosikymmenet – Lääketieteellisen tiedekunnan ja Arkeologian oppiaineen kuvantamista hyödyntävät yhteisjulkaisut läpi vuosien  
Post op -tutkija, röntgenhoitajaopiskelija Tiina Väre, Oulun yliopisto
- 12.40–12.50 Väestöpohjaisilla regressiomalleilla tutkimusmäärien kehittymisen ennakkointiin  
Laatupäällikkö Arttu Peuna, HYVAKS
- 12:50–13.00 Lasten rintakehän röntgentutkimusten alustava optimointi useilla eri laitteilla  
Sairaala fyysikko Anna Kelaranta, Terveystalo
- 13.00–13.10 Tomosynteesin laadunvalvonta  
Erikoistuva fyysikko Venla Repo, Eloisa
- 13.10–13.20 Putkivirran modulaatio vähentää potilasannosta ja parantaa kuvanlaatua: simulaatiotutkimus  
Väitöskirjatutkija Samuel Onnela, Oulun Yliopisto
- 13.20–13.30 Panoraamatomografian (PTG) kuvanlaatu vaihtelee merkittävästi hoitajien välillä;  
Röntgenhoitaja Maritta Timonen, Kainuun HVA
- 13.30–13.40 Putkonen view: too much technique or not enough? Comparing image quality and dose between  
Röntgenhoitaja Inga-Maarit Takalo, PAIJATHA
- 13.40–13.50 Keskustelu
- 13.50–14.30 *Näyttelyyn tutustuminen ja kahvi (Sorsapuistosali)*



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

Torstai 30.10.2025

### PIENI SALI

#### Laitevalmistajien tieteelliset esitykset

Puheenjohtaja Roberto Blanco

14.30–14.50 Siemens

14.50–15.10 Siemens

15.10–15.50 Philips

15.50–16.00 Keskustelu

18.30–23.00 **Iltajuhla** ja buffet -illallinen (Sorsapuistosali)  
*Muista ottaa mukaan osallistuja-/nimikorttisi, se toimii pääsylippunasi  
iltajuhlaan.*



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

**Torstai 30.10.2025**

### MAESTRO

#### Muistathan nämä

Puheenjohtaja Michaela Bode

12.30–12.50 Muistitutkimukset ja kuvantaminen, klinikon näkökulma  
Neurologi Anne Koivisto, HUS

12.50–13.10 Muistipää  
Radiologi Lauri Koponen, OYS

13.10–13.30 ARIA-löydökset aivojen MRI:ssä  
Radiologi Juhana Hakumäki, KYS

13.30–13.40 Keskustelu

13.40–14.30 *Näyttelyyn tutustuminen ja kahvi (Sorsapuistosali)*

### Sari Kivistö symposium

Puheenjohtaja Miia Holmström

14.30–14.40 CV Sari Kivistö  
Radiologi Kirsi Lauerma, HUS

14.40–15.00 Sydänkuvantamisen nykytila  
Kardiologi Antti Saraste, TYKS

15.00–15.20 Sydänlihaksen kvantitatiivinen kuvantaminen, T1-, T2 ja ECV-kartat  
Sairaalafyysikko Juha Pelttonen, HUS

15.20–15.40 Karttojen merkitys sydänlihassairauden diagnostiikassa  
Kardiologi Riitta Paakkanen, HUS

15.40–15.50 Keskustelu

18.30–23.00 **Iltajuhla** ja buffet -illallinen (Sorsapuistosali)

*Muista ottaa mukaan osallistuja-/nimikorttisi, se toimii pääsylippunasi iltajuhlaan.*



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

### Perjantai 31.10.2025

#### PIENI SALI

##### Tiedolla ja tunteella tutkimuksiin

Puheenjohtaja Atte Lajunen

- 8.50–9.10 Säteilypelkoisen potilaan kohtaaminen  
Röntgenhoitaja Katja Kärkkäinen, HUS
- 9.10–9.30 Raskaana oleva potilas ionisoivaa säteilyä hyödyntävässä  
radiologisessa tutkimuksessa tai toimenpiteessä  
Sairaala fyysikko Siru Kaartinen, KYS
- 9.30–9.50 Lasten annokset ja sädeherkkyys  
Tutkimusprofessori Anssi Auvinen, STUK
- 9:50 - 10:00 Keskustelu
- 10.00–10.50 *Näyttelyyn tutustuminen ja kahvi (Sorsapuistosali)*

#### Lasten kaltoinkohteluselvitysohjeen päivitys 2025

Puheenjohtaja Mervi Mäyränpää

- 10.50–11.10 Lapsen kaltoinkohtelu, mitä tehdään?  
Lastentautien erikoislääkäri Minna Kanervo, HUS
- 11.10–11.30 Kuvantamisen merkitys  
Radiologi Mervi Mäyränpää, HUS
- 11.30–11.50 Lasten kaltoinkohteluepäilyt: kuvaaminen käytännössä  
Röntgenhoitajat Anne Komsu ja Inkeri Peltonen, HUS
- 11.50–12.00 Keskustelu
- 12.00–13.00 *Näyttelyyn tutustuminen ja lounas (Sorsapuistosali)*

#### Thorax-rtg osastolla

Puheenjohtaja Mika Hirvonen

- 13.00–13.20 Osastokuvauksen haasteet  
Radiologi Sanni Raerinne, TAYS
- 13.20–14.00 Piuhat ja putket thorax kuvissa  
Radiologi Hannes Hurme, HUS
- 14.00–14.20 Tehohoitopotilaan thorax kuvantaminen  
Röntgenhoitajat Anniina Hakso-Terävä ja Johanna Tiitto, OYS
- 14.20–14.30 Keskustelu



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

### Perjantai 31.10.2025

#### DUETTO 1-2

##### Evalien keissit

Puheenjohtaja	Henna Sarantola
8.30–8.45	OYS, radiologi (eval) Oskari Pihl
8.45–9.00	HUS, radiologi (eval) Jaagup Pilv
9.00–9.15	TAYS, radiologi (eval) Antti Romppainen
9.15–9.30	KYS, radiologi (eval) Maja Hartikainen
9.30–9.45	TYKS, radiologi (eval) Jaakko Aarnio
9.45–9.55	Keskustelu
09.55–10.50	<i>Näyttelyyn tutustuminen ja kahvi (Sorsapuistosali)</i>

#### Kivulias lantio

Puheenjohtaja	Lauri Ahvenjärvi
10.50–11.10	Endometrioosi Gynekologi Henna Rossi, OYS
11.10–11.30	Endometrioosin kuvantaminen Radiologi Hannastina Hasan, HUS
11.30–11.50	Perianaalialueen kuvantaminen Radiologi Suvi Marjasuo, HUS
11.50–12.10	Urologiset kiputilat Radiologi Johanna Kallio, TYKS
12.10–12.20	Keskustelu
12.20–13.20	<i>Näyttelyyn tutustuminen ja lounas (Sorsapuistosali)</i>

#### Tekoäly update 2025

Puheenjohtaja	Mika Nevalainen
13.20–13.40	Päivystyksen akuutit murtumakuvat Radiologi Antti Kemppainen, OYS
13.40–14.00	Laadunvalvonta tekoälysovelluksissa radiologiassa Sairaala fyysikko, Satu Inkinen, HUS
14.00–14.20	AI, eettiset ja juridiset näkökulmat Radiologi Mikko Nyman, TYKS
14.20–14.30	Keskustelu



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## OHJELMA

**Perjantai 31.10.2025**

### MAESTRO

#### Jalkaterän kuvantaminen

Puheenjohtaja Liisa Kerttula

- 8.30–8.50 Ikääntyvän jalkaterämuutokset: aikuisen hankinnainen lattajalka  
Radiologi Sannamari Lepojärvi, Terveystalo
- 8.50–9.10 Diabeetikon jalkaterä  
Radiologi Liisa Kerttula, Pihlajalinna
- 9.10–9.30 'Reumajalka', kuvantamistutkimukset diagnostiikan apuna  
Radiologi Ja Kohonen, TYKS
- 9.30–9.40 Keskustelu
- 09.40–10.15 *Näyttelyyn tutustuminen ja kahvi (Sorsapuistosali)*

#### Kuvantamistutkimusten määrä ja laatu

Puheenjohtaja Tommi Hietamies

- 10.15–10.35 Lasten röntgentutkimusten hukkakuvat  
Radiologi Anu Ruuskanen, KYS
- 10.35–10.55 Radiologisten tutkimusten määrät vuonna 2024  
Tarkastaja Olli Ala-Mursula, STUK
- 10.55–11.15 Vertailutasot optimoinnin välineenä  
Tarkastaja Verner Ruonala, STUK
- 11.15–11.25 Keskustelu
- 11.25–12.30 *Näyttelyyn tutustuminen ja lounas (Sorsapuistosali)*

#### Puhuvat päät: hallintoa ja koulutusta

Puheenjohtaja Roberto Blanco

- 12.30–12.50 SOTE katsaus, miten hyvinvointialueet pärjäävät?  
Johtaja Andreas Blanco, STM
- 12.50–13.10 Hyvinvointialueet nyt, sopeutuuko radiologia?  
Radiologi Jaakko Niinimäki, OYS
- 13.10–13.30 Diagnostisten terveystieteiden maisteriohjelma - jatkotutkintoväylä  
röntgenhoitajille  
Yliopistonlehtori Arttu Miettinen, Jyväskylän yliopisto
- 13.30–13.50 EPA -klinikka, EPA-arvioinnit; ohjeista käytäntöön  
LL Olli Väisänen, TAYS
- 13.50–14.00 Keskustelu



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Röntgenhoitajat Riitta-Liisa Ronkainen & Johanna Siromäki, OYS

# Lapsen keuhkokuva, asettelu, käytännöt ja haasteet

Keuhkokuva on lasten yleisin röntgentutkimus. Vuonna 2021 tehtiin 16287 keuhkokuvatutkimusta alle 17-vuotiaille. Kuvauksen indikaatiot ovat pneumonia ja sen komplikaatiot, keuhkosairauksien seuranta, hengitysvaikeus, anomalia- tai pahoinpitelyepäily, tuumoreiden diagnosointi, epäily sydänviasta tai rintakehälle tehty toimenpiteet. Riippuen lapsen iästä ja voinnista, keuhkot voidaan kuvata maaten, istuen tai seisten. Yleensä kuvataan sekä AP/PA että sivukuva, poikkeuksena pneumonian haku ja useimmat osaston ulkopuolella tehtävät tutkimukset.

AP/PA-kuvaa varten lapsi seisoo tai istuu thoraxtelineen edessä, kädet alhaalla irti vartalosta ja leuka ylhäällä. Lapsi ohjeistetaan vetämään keuhkoihin ilmaa ja pidättämään hengitystä. Jos lapsi ei osaa noudattaa hengitysohjeita, seurataan hengitystä ja exponoidaan keuhkojen ollessa täynnä. Sivukuvassa lapsi seisoo tai istuu vasen kylki kohti thx-telinettä. Kädet kohotetaan pois keuhkojen edestä esimerkiksi tippatelineeseen. Pienten lasten ollessa kyseessä saattaja nostaa lapsen kädet ylös samalla päätä tukien. Jalat voidaan fiksoida tarvittaessa hiekkapusseilla. OYS:ssa lapset kuvataan istuen puolen vuoden iästä noin kaksi-kolmevuotiaiksi.

Maaten voidaan kuvata joko täysin vaakatasossa tai puoli-istuvassa asennossa. Lapsen kädet fiksoidaan hiekkapusseihin pään vierelle tai saattaja pitää käsistä. Myös jalat fiksoidaan hiekkapusseilla. Kuvaa-alue rajataan äänihuulitasolta pallean kaarien alapuolelle. Vierasesine-epäilyissä kuvataan nenänielusta alaspäin. Pahoinpitelyepäilyssä kaikkien kylkiluiden on näytävä. Myös sivukuvassa kädet fiksoidaan pään yläpuolelle.

Röntgenosaston ulkopuolella lapsia kuvataan lähinnä teho-osastoilla tai leikkausosaston heräämössä. Suurimpana ryhmänä ovat vastasyntyneet keskoset. Kuvausdetektori voidaan laittaa joko suoraan lapsen alle tai keskoskaapin koteloon. Lapsi fiksoidaan samoin kuin tavallisessa maaten otetussa keuhkokuvassa. Rutiinisti otetaan ap-kuva, sivu vain pyydettäessä. Ensimmäinen kuva saa olla rajaukseltaan hieman pidempi, jotta nenämaahaletku näkyy kokonaan. Pyydettäessä kuva ote-

taan ns. pitkänä, jolloin kuva-alue ylittää äänihuuli tasolta rektumiin. Sivukuva otetaan horisontaalisätein lapsen maatessa pleksilevyn päällä.

Jos lapsella epäillään vierasesinettä hengitysteissä, kuvataan keuhkot sekä inspiriumissa että expiriumissa. Rajaus nenänielusta pallean alapuolelle. Koska lapsen voi olla vaikea noudattaa hengitysohjeita, kuvat voidaan ottaa horisontaalisätein kyljellään maaten molemmista puolista. Molempiin kuviin yritetään saada sama hengitysvaihe.

Lasten kuvantamiseen liittyy usein erilaisia haasteita. Ne voivat liittyä joko lapseen itseensä, saattajiin (vanhemmat ja henkilökunta), tiloihin tai lähetteisiin. Lapsen ikätaso tulee huomioida ohjauksessa. Vauvojen kuvaamisessa korostuu vanhempien ohjaaminen ja isompia lapsia kuvattaessa on tärkeää suunnata ohjaus sekä lapselle että mahdolliselle saattajalle. Teini-ikäiset voivat olla hyvinkin ujoja ja erityisen herkkiä intimitteettisuojasta. Erilaiset erityislapset vaativat enemmän aikaa ja usein myös luovuutta, jotta saadaan hyvät kuvat. Potilaan kokemaa kipua lisää pelkoa ja tulee huomioida toiminnassa. Lapsen anatomia ja hengityksen seuraaminen voi olla toisinaan hankalaa.

Kaikenikäisiä lapsia ohjatessa ohjeet on pidettävä selkein ja lyhyin. Puheessa tulee välttää konditionaalimuotoa (tulisitko, tekisitkö), koska todellisuudessa vaihtoehtoja ei ole. Usein kommunikointia helpottaa asettuminen fyysisesti lapsen tasolle. Lasta tulee kehua ja kannustaa jännityksestä huolimatta. Vauvojen rauhoittamiseen voidaan käyttää sokeria ja erilaisia leluja. Jos suinkin on mahdollista työparina työskentely helpottaa lasten kanssa toimimista, kun toinen voi asettaa ja toinen hoitaa rajauksen. Toinen hoitaja voi myös siirtyä hyvissä ajoin hehkuttamaan. Pienten lasten kohdalla hengitystä seurataan ennen eksponointia. Seinällä tai röntgenputken päällä olisi hyvä olla jotain (lelu, kuva) johon lapsi voi kohdistaa katseensa, jotta hänen on helpompi pysyä paikoillaan. Keski-ikä tulehduksellista lapsen mamilatasoon. Lapsella on keuhkot täynnä, kun hänen mahansa on pullea. Lapset täytyy lähtökohtaisesti riisuttaa kuvausta varten, mutta teini-ikäisellä voi olla kuvauksessa ohut kuvioton paita.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Kivuliaat potilaat tulisi mahdollisuuksien mukaan lääkittää hyvissä ajoin ennen kuvantamistutkimuksia. Kehitysvammaisten ja muiden erityisryhmien kanssa kanttaa hyödyntää vanhempien osaamista liikuttelussa ja kommunikoinnissa. Tarvittaessa käytetään useita kiinnipitäjiä (lähtökohtaisesti ei röntgenhoitajaa eikä koskaan opiskelijaa).

Lapsen vanhempien ottamista mukaan kuvauksiin kannattaa harkita tarkkaan. Usein lapsen kanssa on helpompi operoida ilman vanhempia, joiden kokemaa jännitystä helposti tarttuu lapseen. Lapset ovat yleensä rohkeita ja valmiita tulemaan kuvaushuoneeseen yksin, kun hoitaja uskoo siihen itsekin. Jos vanhempi tarvitaan mukaan kiinnipitäjäksi, on hänelle annettava selkeät ohjeet. Hänen tehtävänsä on toimia kiinnipitäjänä, ei lohduttajana tai viihdyttäjänä. Vanhemmalle on hyvä kertoa, että lapsi saattaa itkeä kovastikin ja kokea tilanteen kurjana, mutta mikään ei käy kipeää ja kuvaus kestää vain hetken. Mitä jäməkämmin vanhempi pitää lasta, sen nopeammin saadaan kuvat otettua.

Toisinaan osastoilta mukaan tulevat hoitajat voivat vaikeuttaa kuvaustilannetta, koska eivät ole yleensä niissä mukana. Ystävällinen ja selkeä ohjaus auttaa näissäkin tilanteissa. Joskus osastoilla pelätään säteilyä niin paljon, että auttavat kädet katoavat jo kuvaajien tullessa osastolle. Meillä tähän on auttanut fyysikoiden pitämät koulutukset aiheesta.

Tilat, joissa kuvataan lapsia, on parhaassa tapauksessa suunniteltu lasten kuvantamiseen. Sieltä löytyy lapselle katsottavaa, toimivia fiksointivälineitä ja leluja. Myös kuvausohjelmat on tehty valmiiksi ja lasten kuvauksiin löytyy ohjeet.

Toisinaan röntgentutkimuspyynnöt ovat huonoja. Niistä puuttuu kuvaajille tärkeää tietoa esimerkiksi lapsen erityispiirteistä tai käy ilmi, ettei lasta ole kunnolla tutkittu ennen lähetteen tekoa. Näissä tapauksissa on hyvä ottaa herkästi yhteyttä lähettävään lääkäriin, varsinkin tilanteen toistuesssa saman lääkärin kohdalla.

Valotusautomaattia ei ole perinteisesti käytetty lasten kuvantamisessa. Kuitenkin nykyisillä laitteilla sekin on mahdollista. Lapselta vaaditaan kuitenkin hyvää ko-operointia, jotta automaattia on järkevää käyttää. Automaatiikan avulla voidaan hakea myös suuntaa käsiarvoille. Lasten kuvausohjelmat on syytä rakentaa käyttökouluttajan tai laitteen syväosaajan kanssa. Laitteissa on eroja, joten tunne laitteesi!



# SÄDETURVAPÄIVÄT

*Röntgenhoitaja Milla Vesanto, HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia*

## Itsearviointit: Käytännön esimerkkejä

Itsearviointi on oman toiminnan, toimintatapojen ja kokemusten järjestelmällistä tarkastelua tiettyjä arviointikriteerejä vasten. Säteilyn käyttöön liittyvää itsearviointia on suoritettava vuosittain ja se on lakisääteistä (STM asetus 1044 /2018). Itsearvioinnissa selvitetään, saavutetaanko toiminnalle asetetut tavoitteet ja tapahtuuko se mahdollisimman järkevästi. Itsearviointi auttaa organisaatiota tunnistamaan nykytilanteen, asettamaan tavoitteita ja käynnistämään kehittämistoimintaa näiden tavoitteiden saavuttamiseksi.

Omatomimisen arvioinnin vaiheita ovat itsearvioinnin suunnittelu, valmistelu, toteutus, tulosten käsittely sekä raportointi ja tiedottaminen. Itsearvioinnin tulosten perusteella päätetään kehityskohdeet ja korjaavat toimenpiteet, niiden toimeenpano ja seuranta. (Kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmä, suositus NO 7/2019)

HUS Diagnostiikkakeskuksessa suoritetaan vuosittain yhteisiä itsearviointeja, joita tarkastellaan sisäisen auditoinnin yhteydessä. Tällaisia itsearviointeja ovat mm. elvytysvalmius, potilaan tunnistaminen, kliinisen kuvanlaadun arvioinnit natiivitutkimuksissa, keskitetyt tehtävät potilassannomääritykset sekä hoitajien tekemät vertaisarviointit.

Itsearviointiakohteen valintaa miettiessä voi tarkastella esimerkiksi yksikköön aikaisemmin tehtyjä kliinisiä tai sisäisiä auditointeja, joiden raporteista voi löytää hyviä kohteita itsearvioinnin kohteiksi. Muita aiheita voi löytyä jonkin toiminnan rakenteesta, prosessista tai esim. HaiPro-ilmoituksesta ja asiakaspalautteista. Säteilyn käyttöön liittyvä arviointi on suositeltavaa.

Tässä esityksessä käydään läpi Hyvinkään sairaalan röntgenosastolla toteutettu itsearviointiprojekti, jossa tarkastellaan natiivilantiokuvan potilasannoksen ja rajauksen arviointia sekä mitalantin sijoittamisen toteutumista. Itsearviointi on toteutettu vuonna 2021–22. Esityksen lomassa tuodaan esiin eri vaiheet itsearviointiprosessin edetessä.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Plastiikkakirurgia EL, LT Katriina Joensuu TAYS, Rintakeskus*

### Kuvantamisen vaikutus rintakirurgiaan

Rintasyöpäleikkauksessa säästävää rintakirurgiaa on sekä potilaan että yhteiskunnan etu. Rintaa säästävissä leikkauksessa yhdistettynä resektioalueen sädehoitoon on todettu olevan pienempi syövän residiiviriski verrattuna koko rintarauhaskudoksen poistoon (mastektomia). Myös komplikaatiot, kuten serooman kertyminen, jälkiverenvuodot ja kipuongelmat ovat säästävässä leikkauksessa pienemmät kuin mastektomiassa. Elämänlaatu säästävän leikkauksen jälkeen on parempi kuin rinnan poiston jälkeen tai välittömän rintarekonstruktion jälkeen. Rintarekonstruktion kustannukset ovat merkittävästi suuremmat kuin säästävän leikkauksen kustannukset.

Palpoitumattomissa tai multifokaalisissa tuumorissa ja mikrokalkkialueissa alueen paikallistaminen ja merkkaukseen edellytys rintaa säästävään kirurgiaan. Erilaiset onkoplastiset tekniikat ovat lisänneet kirurgian mahdollisuuksia säästävään kirurgiaan ja voimme tehdä varsin laajoja useamman neljänneksen resektioita rinta säästäen ja osittain rekonstruoiden paikallisilla kudoksilla. Hyvä yhteistyö rintaradiologin kanssa ja merkkauksen ja leikkaussuunnitelman tekeminen preoperatiivisessa moniammatillisessa meetingissa on avainasemassa kirurgian onnistumiselle. Preoperatiivisesti yhdessä radiologin kanssa oleellista läpikäydä tehdyistä rintakuvantamisista tuumorialueen laajuus, mahdolliset klipsimerkit ja niiden lokalisoituminen, onko ihoaaffisiota, kuinka lähelle nänniä muutos tulee, onko se uällä merkattavissa vai tarvitaanko streoretaktista merkkausta tai jopa varjoainemammografia- tai MRI-ohjattua merkkaustapaa.

Lähetteen saapumisen yhteydessä on hyvä miettiä, että onko kaikki tarvittavat pesäkkeet biopsoitu tai että tarvitaanko vielä rinnan lisäkuvantamista ennen preoperatiivista käsittelyä. Rintaradiologin konsultaatio jo tässä vaiheessa on oleellista. Leikkaussuunnittelussa tulisi olla tiedossa kaikki poistettavat pesäkkeet ja se, täytyykö nänni tai osa ihoa poistaa. Joskus tuumorialue saattaa noudatella hyvin rinnan anatomisia maamerkkejä, kuten lokalisoitua nännin yläpuolelle ja esimerkiksi ylälateraalineljännekseen. Tällöin

voidaan miettiä merkkauksen tarpeellisuutta, jos resektio onnistuu näitä maamerkkejä noudattaen. Joskus esimerkiksi lobulaarinen rintasyöpä voi olla vaikea merkata tavanomaisin keinoin, mutta jos MRI:ssa sen lokalisatio on esimerkiksi rinnan selkeästi rinnan lateraali- tai mediaalipuolella, voidaan resektio tehdä noudattamalla näitä maamerkkejä. Potilaan kanssa on keskusteltava tietysti säästävään leikkaukseen liittyvä uusintaleikkauksen riskistä, jos marginaalit ovatkin histologisesti riittämättömät, mutta toisaalta myös mastektomiaan ja välittömään rintarekonstruktion liittyvistä riskeistä.

Merkkilanka- ja jyvähjatun resektion yhteydessä otetaan preparaattikuva. Preparaattikuvalla on joskus myös hyvä täydentää myös palpaatio-ohjattua resektiota, jos resektion laajuuden suhteen on epävarmuutta. Merkkilankoja tai -jyviä tarvitaan laajemmissa alueissa monesti useampia. Jos jodijyvät ovat kovin lähellä toisiaan etenkin AP-suunnassa, voi niitä olla vaikeaa erottaa toisistaan ja on helpompi käyttää lankoja merkkaukseen. Preoperatiivisessa moniammatillisessa kokouksessa on hyvä miettiä merkattavat suunnat yhdessä kirurgin ja radiologin toimesta. Laajemman muutosalueen tai yksittäisen esimerkiksi ihoa lähelle tulevan alueen tussimerkkaukseen on myös erittäin hyödyllinen kirurgin kannalta.

Kirurgin kannalta eniten harmia tuottavat useimmiten stereotaktisesti lankamerkatut pesäkkeet, jotka tulevat kauaksi langan laittoalueelta eikä näitä (samoista) teknisistä syistä johtuen ole voitu myöskään tussimerkata iholle. Näissä kirurgin hyvä hahmotuskyky preoperatiivisista kuvista on oleellista, jotta resektioalueen avaukset ja resektion toteuttaminen tulisi mahdollisimman järkevästi tehtyä. Tässäkin tilanteessa toki kommunikointi ja hyvä yhteistyö rintaradiologin kanssa on tärkeää, jos kirurgin hahmottamiskyky ei ole riittävä.

Viime vuosien kehitys säästävän rintakirurgian saralla on paljon rintaradiologian kehittymisen sekä rintaradiologien ja rintakirurgien välisen yhteistyön aikaansaamaa. Rintaradiologi yhdessä patologin ja onkologin kanssa ovat rintasyöpäkirurgin tärkeimmät kumppanit.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

*Röntgenhoitaja Emilia Aalto, HUS Diagnostiikkakeskus, Radiologia*

## Asettelu mammografiakuvauksessa

Mammografian asettelulla tarkoitetaan rintojen oikeaoppista ja standardoitua sijoittelua kuvauksen aikana. Asettelyn tavoitteena on saada mahdollisimman kattavat ja diagnostisesti laadukkaat kuvat rintakudoksesta, jotta mahdolliset muutokset havaitaan varhaisessa vaiheessa. Samalla kuitenkin minimoiden rintaan kohdistuva säteilyrasitus. Hyvä asettelu takaa riittävän kudoksenäkyvyyden ja vähentää tarpeetonta säteilyä, sekä parantaa tutkimuksen luotettavuutta.

Yleisesti mammografiassa hyödynnetään perusprojektioita, joista keskeisimmät ovat CC (cranio-caudaali) ja MLO (medio-lateraali-oblique). Nämä projektiot antavat kokonaiskuvan rintakudoksesta mahdollisimman laajasti eri suunnista. Kuvauksessa otetaan huomioon asiakkaan kehon rakenne, rintojen koko ja muoto. Lisäksi on huomioitava liikuntarajoitteet ja mahdollinen leikkaushistoria. Tarvittaessa käytetään lisäprojektioita ja kohdennettuja kuvia, kuten suurennoskuvia tai lateraaliprojektioita.

Oikeaoppiseen asetteluun kuuluu esimerkiksi koko rinnan saaminen kuvausalueelle, riittävä puristus sekä kudoksen tasainen leviäminen kompression alla, jotta pienetkin rakenteet ja tiheysmuutokset erottuvat luotettavasti.

Asiakkaan ohjaaminen, motivointi ja tukeminen ovat avainasemassa, jotta asettelu onnistuu ja kuvat ovat diagnostisesti laadukkaat. Hyvin toteutettu mammografian asettelu yhdistää potilaan yksilöllisten tarpeiden huomioimisen, teknisen osaamisen sekä luovan työskentelyn.

Kliinisessä mammografiassa asettelyn merkitys korostuu entisestään. Tutkimus tehdään usein silloin, kun seulontamammografiassa on havaittu epäselvä löydös tai asiakkaalla on oireita esimerkiksi kyhmy, kipu tai erite.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Johtava asiantuntija Paula Toroi, STUK

# Mammografian säteilyannokset muuttuvat

Mammografiassa potilaan säteilyannoksen arviointiin käytetään suuretta keskimääräinen rauhaskudosannos (mean glandular dose, MGD). Vuonna 2011 julkaistussa STUK-TR 11 raportissa kuvataan mittaus- ja laskentamenetelmät, joita tarvitaan mammografiakuvauksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittämiseen [1]. Tämä menetelmä on myös yleisesti käytössä ja kansainvälisesti suositeltu [2].

Käytössä oleva malli kuitenkin pohjautuu melko yksinkertaistettuihin oletuksiin rinnan rakenteesta ja säteilykentästä. Nykyään käytettävissä on laajoja kliinisiä tietoaaineistoja sekä parempia rinnankuvantamismenetelmiä, joiden perusteella rintamalleja on pystytty parantamaan. Tämän vuoksi amerikkalaiset ja eurooppalaiset fyysikot perustivat yhdessä työryhmän (TG 282), jonka tehtävänä oli kehittää uusi, yhtenäinen ja nykyaikainen menetelmä rintojen säteilyannosten arviointiin mammografiassa, tomosynteesissä ja kontrastitehosteisissa mammografiakuvauksessa.

Työryhmän TG 282 raportti julkaistiin vuonna 2024 [3] ja siinä on kuvattu uusi menetelmä mammografian dosimetriaan. Mittaussuure on edelleen ilmakerma mutta mittauksiin käytettävä referenssietäisyys rintakehän puolelta vaihtuu kuudesta viiteen senttimetriin. Uudessa menetelmässä rinnan rakenteen mallintaminen on tehty tarkemmin ja MGD:n laskentaan tarvittavat konversiokertoimet perustuvat laajaan otokseen eri laitteita ja potilailla saatuja tuloksia. Tätä tarkoitusta varten on myös julkaistu nettipohjainen laskentaohjelmisto, joka löytyy täältä: <https://medphys.royalsurrey.nhs.uk/TG282doseCalculator/>.

Uudella menetelmällä arvioidut MGD-arvot ovat useissa tapauksissa alhaisempia kuin aiemman menetelmän mukaiset arvot. Tämä johtuu osin siitä, että TG 282 ottaa paremmin huomioon todellisen rinnan rakenteen ja vähentää oletuksia, jotka ovat yliarvioineet annoksia. Erot eivät ole vakioita kaikissa olosuhteissa ja ne riippuvat mm. rinnan paksuudesta ja kuvausarvoista. Esimerkiksi yhden julkaisun perusteella uusi menetelmä antaa keskimäärin noin 15–20 % pienempiä MGD-arvoja kuin aiempi menetelmä [4]. Kliinisessä käytössä tämä

tarkoittaa, että vanhoilla menetelmillä raportoidut annostasot eivät ole suoraan vertailukelpoisia uusiin TG 282-perusteisiin arvoihin ja kansalliset vertailuarvot tulisi määrittää uudelleen.

Meneillään olevassa eurooppalaisessa tutkimusprojektissa (EURAMET 22NRM01 TraMeXI) uutta menetelmää on testattu, säteilymittareiden sopivuutta erilaisiin mittauksiin on tarkasteltu ja näihin liittyviä epävarmuuksia on arvioitu. Tätä työtä on tehty myös IAEA:n koordinoimassa yhteistyöprojektissa (coordinated research project E24024). Selvitysten perusteella on tehty ehdotus siitä, kuinka tämä uusi menetelmä voidaan implementoida kansainvälisesti, kun IAEA TRS-457 [2] päivitetään.

### Viitteet:

[1] Toroi Paula, Järvinen Hannu, Könönen Niina, Parviainen Teuvo, Pirinen Markku, Tapiovaara Markku, Tenkanen-Rautakoski Petra. Potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen mammografiassa. STUK-TR 11. Helsinki 2011

[2] International Atomic Energy Agency (IAEA). Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice. Technical report series no. 457. IAEA, Vienna (2007).

[3] Sechopoulos I, Dance DR, Boone JM, et al. Joint AAPM Task Group 282/EFOMP Working Group Report: Breast dosimetry for standard and contrast-enhanced mammography and breast tomosynthesis. Med. Phys. 2024; 51: 712–739. <https://doi.org/10.1002/mp.16842>

[4] Loveland J, Mackenzie A. Comparison of AAPM TG282 and Dance breast dosimetry models: Impact on estimates of average MGD for the United Kingdom breast screening programmes. Phys Med. 2025;130. DOI: 10.1016/j.ejmp.2025.104908.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Radiologi Pieta Ipatti, OYS

## Varjoainetehosteinen mammografia

Varjoainetehosteinen mammografia (contrast enhanced mammography = CEM) on kaksoisenergia digitaalinen mammografiakuvaus, jossa i.v. jodi-varjoaineinjektion jälkeen kuvataan matalan ja korkean energian mammografiakuvat Näistä lasketaan varjoainetehostuksen näyttävä rekonstruktiokuva. Tuloksena saadaan matalan energian kuvat, jotka muistuttavat normaaleja mammografiakuvia ja rekonstruktio kuvat, jotka näyttävät tehostumisen. CEM pystyy näyttämään sekä rintakudoksen anatomisen sekä verisuonituksen muutoksen. Aiemmin ainoa rintojen varjoainetehosteinen kuvantamismenetelmä on ollut MRI.

CEM:lla on säännönmukaisesti osoitettu olevan korkea herkkyys näyttää rintasyöpää. CEM:n herkkyys lähenee MRI-kuvausta, mutta ei aivan yllä siihen. CEM:lla on todettu olevan MRI-tutkimusta hieman parempi spesifisyys. Hyvin harvoin voi rinnassa kuitenkin olla maligni muutos, jossa ei näy CEM:lla tehostumista. Tällainen voi liittyä matalan graduksen lobulaariseen karsinoomaan tai matalan graduksen DCIS:an. CEM kuvissa voi näkyä taustatehostumaa samaan tapaan kuin MRI-kuvissa.

CEM:lla on todettu olevan parempi suorituskyky kuin mammografialla, tomografialla ja rintojen ultraäänitutkimuksella. CEM on helppokäyttöinen ja edullisempi sekä nopeampi tutkimus kuin rintojen MRI. Se on myös potilaiden keskuudessa MRI:a paremmin siedetty. CEM haittapuolena on, että sen kuva-ala on rajoittuneempi kuin MRI-tutkimuksessa ja etenkin kainalon ja rintakehänseinämän arviointi jää yleensä vajaaksi. Lisäksi CEM on sädetutkimus, jossa tarvitaan jodi-varjoainetta, jolle esiintyy allergiaa.

CEM:n käytön ja indikaatioiden selvittäminen on vilkkaan tutkimustyön alla. Tiedämme, että perinteisen mammografiatutkimuksen suorituskyky laskee rinnan tiiviyden lisääntyessä. Lisäksi rinnan tiiviyys on itsessään lisääntynyt riski rintasyöväälle. Tiedämme myös, että tässä potilasryhmässä perinteisessä mammografiaseulonnassa on merkittävää alidiagnostiikkaa. Tiiviillä rinnalla tarkoitetaan perinteisesti BI-RADS C&D tiiviyttä. Mammografian sensitiivisyys tiiviissä rinnassa on noin

62–68%, kun se BI-RADS A rinnassa on 89%. CEM:n on todettu parantavan herkkyyttä tiiviissä rinnassa merkittävästi, 95%. Britanniassa käynnissä olevassa BRAID-tutkimuksessa tutkittiin 50-70-vuotiaita naisia (n=9361), joilla mammografiassa tiiviyys BI-RADS C tai D ja seulonnassa normaaliksi tulkittu mammografia ja heidät jaettiin Ab-MRI (lyhennetty MRI-protokolla), CEM ja ABUS (automated ultrasound) ryhmiin. Ab-MRI ryhmässä löytyi uusia syöpiä 17,4/1000, CEM ryhmässä 17,4/1000 ja ABUS ryhmässä 4,2/1000. Uudelleen kutsuttujen määrä nousi Ab-MRI ja CEM ryhmässä 9,7%, ABUS ryhmässä 4,0%. Normaaliksi tulkittujen, tiivisrintaisten mammografiakuvien taustalta löytyi merkittävä määrä rintasyöpää ja varjoainetehosteiset menetelmät löysivät niitä 3x enemmän kuin ABUS. EUSOBI suosittelee BI-RADS D tiiviyksisille naisille seulontaa MRI-kuvauksella joka 4. vuosi. CEM voi tarjota tähän vaihtoehdon.

Tiiviyden lisäksi lisääntynyt rintasyöpäriski voi liittyä perinnöllisyyteen tai jo todettuihin rintamuutoksiin. Suomalaisen hoito-ohjeistuksen mukaan kohtalaisessa rintasyöpäriskissä rintojen kuvantamisseurantamenetelmä on mammografia. Kohonneen rintasyöpäriskin ryhmässä CEM on tutkimusten mukaan parantanut herkkyttä selvästi.

CEM on tutkittu myös seulonnanvarmistuksessa (RACER-trial), jossa sen on todettiin tehostavan hoitopokua, mutta se ei tarjonnut parannusta diagnostisessa tarkkuudessa. Rintasyövän paikallisen laajuuden arvioinnissa CEM on todettu näyttävän syöpäkasvaimen koon tarkemmin kuin perinteinen kuvantaminen, mutta se on heikkoutena on rajoittunut kuva-ala, mistä johtuen ihon, rintakehän seinämän, kainaloimusolmukkeiden ja etäpesäkkeiden erottuminen on MRI-kuvausta heikompaa. Lisäksi MRI-kuvauksen tapaan, taustatehostuma ja tuumorin biologia voivat vaikuttaa kasvaimen erottumiseen. Samasta syystä CEM:n suorituskyky ei vastaa MRI:a rintasyövän neoadjuvanttihoitoon vasteen arvioinnissa. CEM on kuitenkin neoadjuvanttihoitoon seurannassa vaihtoehto potilaille, joita ei voi seurata MRI:lla.

Rintasyövän kuvantamisseurannassa suositellaan yhä enemmän suunnittelemaan seuranta



## SÄDETURVAPÄIVÄT

yksilöllisesti. Rintasyövän perinteinen seuranta-menetelmä on mammografia. Kaikille potilaille mammografia ei kuitenkaan välttämättä ole riittävä. Mammografiakuvissa vaikeutta tiiviyden lisäksi aiheuttavat hoidon jälkeiset muutokset. Tiivisrintaisille, alle 50-vuotiaana rintasyöpään sairastuneille ja potilaille, joilla on perinnöllisesti kohonnut rintasyöpäriski EUSOBI suosittaa kuvantamisseurantaa MRI:lla. Tälle potilasryhmälle CEM voi olla myös vaihtoehto etenkin, jos MRI ei ole mahdollinen.

CEM on vilkkaan tutkimustyön kohteena. Näyttöä CEM:sta on kertynyt parhaiten oireettomien, tiivisrintaisten naisten seulontamenetelmänä,

jossa CEM on hyvin herkkä menetelmä. CEM etuna on kuvaamisen nopeus, "parempi saatavuus", helppous tulkinnassa ja edullisempi hinta. Potilaat myös suosivat CEM:a MRI-kuvaukseen verrattuna. CEM rajoittaa sen rajallinen kuva-ala, säderasitus ja jodivarjoaine ja siihen mahdollisesti liittyvät allergiset reaktiot. CEM on kuitenkin tervetullut lisärintaradiologin työkalupakkiin etenkin, kun näyttää, että sen avulla voidaan päästä käsiksi tiivisrintaisten naisten rintasyöpiin varhaisemmassa vaiheessa.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Esittäjä: Post doc -tutkija, röntgenhoitajaopiskelija Tiina Väre, Helsingin yliopisto, Oulun yliopisto, OAMK (& et al.)*

# POSTERI – Yhteistyön vuosikymmenet – Lääketieteellisen tiedekunnan ja Arkeologian oppianeen kuvantamista hyödyntävät yhteisjulkaisut läpi vuosien

**Tutkimuksen tavoite:** Oulun yliopiston arkeologian oppiaineen, useiden Lääketieteellisen tiedekunnan laitosten ja Oulun yliopistollisen sairaalan välillä on pian kaksi vuosikymmentä tehty tiivistä yhteistyötä. Julkaisemisen kannalta eräs hedelmällisimmistä arkeologisen tutkimuksen työvälineistä ovat olleet erilaiset kuvantamisen modaliteetit. Röntgensäteet ovat monia muita menetelmiä vähemmän invasiivisinä varsin turvallisia aineistojen säilymisen kannalta ja hyöty suomalaiselle arkeologialle on ollut kiistämätön. Vuosien kuluessa yhteistyötä on tehty lukuisien kansallisten ja kansainvälisten projektien yhteydessä (NSF, Suomen Akatemia, Wenner-Gren), useiden tutkimusryhmien ja tutkijoiden voimin. Posterit tarjoaa katsauksen yhteistyön merkittävimpiin tuloksiin.

**Materiaali ja menetelmät:** Käytössä ovat olleet arkeologisten luiden natiiviröntgen- ja pQCT-kuvaukset. Tietokonetomografiaa taas on hyödynnetty suomalaismuumioiden pioneeritutkimuksissa sekä forensisissa haavakanavatutkimuksissa ja  $\mu$ -tomografiaa arkeologisten tekstiilien tutkimuksessa.

**Tulokset:** Kuvantaminen on hyödyntänyt nykyajan passiivisen elämäntyylin aiheuttamien anatomisten ja morfologisten muutosten sekä menneisyyden ihmisten fyysisten stressimarkkereiden yleisyyden kartoittamista (esim. Junno et al. 2011; Ruff et al. 2014; Väre et al. 2016a; Korpinen et al. 2023). Se on mahdollistanut pohjoisten kirkkojen alapohjissa muumioituneiden vainajien säilyneisyyden ja patologisten tilojen, mutta myös arkkujen piilottamien koristeiden, sisustuksen ja vainajien hautavaatteiden kajoamattoman tarkastelun (esim. Väre et al. 2015, 2016b, 2020; Lipkin et al. 2020). Lisäksi  $\mu$ -tomografiatutkimukset ovat tuottaneet uutta tietoa jopa arkeologisten tekstiilien valmistusmenetelmistä (esim. Karjalainen et al. 2023; Lipkin et al. 2023). Ylipäätään radiologisten menetelmien hyödyntäminen arkeologiassa on auttanut kehittämään uusia menetelmiä erityi-

sesti oikeuslääketieteellisiin tutkimuskysymyksiin (esim. Junno et al. 2022, 2024; Oura et al. 2024).

**Johtopäätökset:** Toimiva yhteistyö jatkuu edelleen niin aiempien tutkimusaiheiden parissa kuin uusia ideoita työstäen.

### Lähdeluettelo

Junno et al. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2011.08.009>

Junno et al. 2022. <https://doi.org/10.1093/pnas-nexus/pgac234>

Junno et al. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2024.102528>

Karjalainen et al. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2023.105871>

Korpinen et al. 2023. <https://doi.org/10.1127/homo/2023/1662>

Lipkin et al. 2020. <https://doi.org/10.1007/s41636-020-00265-1>

Lipkin et al. 2023. <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01076-2>

Oura et al. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2024.102740>

Ruff et al. 2014. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502932112>

Väre, T., et al. 2015. 3-Dimensional Archaeological Excavation of Burials Utilizing Computed Tomography Imaging. CAA2015. Keep The Revolution Going. Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology: 133–141. Archaeopress.

Väre, T., Nurminen, N., Niinimäki, J., Junno, J.-A. & Niskanen, M. 2016a. Harris lines in the late medieval to early modern skeletal material from the Oulu Cathedral and Iin Hamina churchyard sites. *Fennoscandia archaeologica* XXXIII: 237–241.

Väre et al. 2016b. <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2016.05.009>

Väre et al. 2020. <https://doi.org/10.1007/s41636-020-00268-y>



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Esittäjä: Laatuspäällikkö Arttu Peuna, Diagnostiset palvelut, HYVAKS (& et al.)

# POSTERI – Väestöpohjaisilla regressiomalleilla tutkimusmäärien kehittymisen ennakointiin

**Tutkimuksen tavoite:** Röntgentutkimusten tutkimusmäärät ovat olleet noususuhteisessa trendissä viimeisen vuosikymmenen aikana [1–4]. Tutkimusmodaliteettien välillä voidaan kuitenkin havaita eroja trendien kehityksessä [5]. Erityisesti tavanomaisten röntgentutkimusten eli "natiivitutkimusten" kysyntä on taittunut laskuun, mutta leiketutkimusten määrä on ollut merkittävässä nousussa. Lisäksi suurimpien asutuskeskusten ulkopuolella väestön vanheneminen ja väheneminen korostavat palveluverkkopäätösten tekemisen tärkeyttä. Röntgentutkimuslaitteistojen elinkaaret ovat tyypillisesti kymmenisen vuotta. Lisäksi laitteiden elinkaaria huomattavasti pidempiaikaisia investointipäätöksiä tehdään toimitiloihin, joiden suunnittelussa esimerkiksi säteilysuojeluväitimet aiheuttavat lisäkustannuksia. Röntgentutkimustoimintojen suunnittelemiseksi tarvitaan tulevaisuuteen katsovia ennustemalleja, joilla palvelutarvetta voidaan arvioida. Esittelemme tässä abstraktissa mallin, jonka avulla arvioimme röntgentutkimusten määrän kehittymistä Keski-Suomen hyvinvointialueella väestöennusteen, ikäkauman ja palvelukysynnän perusteella.

**Materiaalit ja menetelmät:** Koostimme radiologisesta tietoaltaasta nykyisellä hyvinvointialueella vuosina 2015–2024 tehdyt röntgentutkimukset. Tutkimukset jaoteltiin kuvausvuoden ja potilaan iän tutkimushetkellä perusteella yhden vuoden tarkasteluväleihin. Väestöennusteet ja -laskelmat ikäryhmittäin poimimme tilastokeskuksen tietokannasta. Tutkimusmäärien ja väestölaskelmien perusteella laskimme kullekin ikäryhmälle vuosittaiset suhdeluvut, jotka kuvasivat tutkimusten määrää suhteessa kyseistä ikäryhmää edustavaan väestöön. Vuosittaisista suhdeluvuista laskimme regressiokertoimet, joiden avulla arvioimme tutkimustarvetta ennusteen mukaisena vuonna. Regressiomallin sovituksessa käytimme lopulta vuosia 2020–2022, sillä vuosittaisissa tutkimusmäärissä havaittiin merkittävä muutos vuonna 2020. Mallin toimintaa arvioimme vuosien 2023 ja 2024 toteutuneiden tilastojen avulla. Laaditun

mallin perusteella ennustimme vuosien 2025–2030 tutkimusmäärien kehitystä.

**Tulokset:** Aikavälillä 2015–2024 tehtiin 1,64 miljoonaa röntgentutkimusta. Vuosittaiset tutkimusmäärät vaihtelivat 151 051 ja 181 697 tutkimuksen välillä. Tutkimustarve kasvaa selkeästi yli 50-vuotiaassa väestössä. Regressiomalli ennusti vuoden 2023 kokonaistutkimusmääräksi 152 192 ja vuoden 2024 määräksi 151 650 tutkimusta. Ennusteiden virheet toteutuneeseen nähden olivat -1,6 % (-2460 tutkimusta) ja -0,4 % (-678 tutkimusta). Vuosille 2025–2030 regressiomalli ennustaa lievästi laskusuhdanteista tutkimusmäärää siten, että vuonna 2030 tehtäisiin 145 358 radiologista tutkimusta, lievästi nousevasta väestöennusteesta huolimatta.

**Johtopäätökset:** Laadittu malli mahdollistaa röntgentutkimustarpeen kehittymisen arvioinnin väestön ikääntymisen ja väestöennusteen kehittymisen huomioiden. Ennustemme perusteella radiologisten tutkimusten kokonaismäärä kääntyy lievään laskuun väestönkasvusta ja -ikäntymisestä huolimatta. Tämä selittyy erityisesti natiivikuvausten kysynnän tasaisella vähenemisellä. Ennustemallin avulla voimme aiempaa tarkemmin arvioida tutkimuskysynnän kehittymistä ja palveluiden tarkoituksenmukaisemmin kohdennettua resurssointia hyvinvointialueellamme.

### Lähdeluettelo

[1] Helasvuo, T. (toim.). (2013, kesäkuu). Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2011 (STUK B 161). Säteilyturvakeskus. <https://www.julkari.fi/handle/10024/123615>

[2] Suutari, J. (toim.). (2016, marraskuu). Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2015 (STUK B 207). Säteilyturvakeskus. <https://www.julkari.fi/handle/10024/131372>

[3] Ruonala, V. (toim.). (2019, lokakuu). Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2018 (STUK B 242). Säteilyturvakeskus. <https://www.julkari.fi/handle/10024/138743>

[4] Ruonala, V. (toim.). (2022, lokakuu). Radiologis-



## SÄDETURVAPÄIVÄT

ten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2021 (STUK B 295). Säteilyturvakeskus. <https://www.julkari.fi/handle/10024/145428>

[5] Masjedi, H., Zare, M. H., Keshavarz Siahpoush, N., Razavi-Ratki, S. K., Alavi, F., & Shabani, M. (2020). European trends in radiology: investigating factors affecting the number of examinations and the effective dose. *La Radiologia medica*, 125(3), 296–305. <https://doi.org/10.1007/s11547-019-01109-6>



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Esittäjä: Sairaala fyysikko Anna Kellaranta, Terveystalo (& et al.)

# POSTERI – Lasten rintakehän röntgentutkimusten alustava optimointi useilla eri laitteilla

**Tutkimuksen tavoite:** Tämän tutkimuksen tavoitteena on kuvata Terveystalossa vuodesta 2022 lähtien käytössä ollut menetelmä lasten rintakehän röntgentutkimusten optimoimiseksi noin 50 tavanomaisella röntgenlaitteella ja esittää saavutettuja tuloksia. Lasten koko vaihtelee eri-ikäisillä huomattavasti (paino voi vaihdella jopa yli 200-kertaisesti, kun aikuisilla vastaava kerroin on 4), ja samanikäisilläkin potilailla erot painossa ja pituudessa voivat olla suuria, ja tämä asettaa omat haasteensa lasten röntgentutkimusten optimointiin ja vertailutasojen (Diagnostic Reference Level, DRL) asettamiseen (1).

**Materiaalit ja menetelmät:** Referenssilaitte valittiin, ja kokenut radiologi hyväksyi rintakehän röntgenkuvanlaadun tietyissä painoluokissa oleville lapsille optimoiduilla kuvausarvoilla ja -asetuksilla (esim. kuvausetaisyys, kV, mAs, suodatus, hilan käyttö, fokus) ottaen huomioon STUKin asettamat vertailutasokäyrät ja saavutettavissa olevat annostasokäyrät (2). Referenssilaitteen säteilyntuottotiedot ( $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ ) eri kV-arvoille otettiin huoltoreportista. Konversiokertoimet mAs-normalisointia varten laskettiin jakamalla referenssilaitteen säteilyntuottoarvo tarkasteltavan laitteen säteilyntuottoarvolla. Mahdolliset erot lisäsuodatuksessa ja fokuskoossa otettiin huomioon. Radiologin kuvanlaatu palautteen perusteella mAs-arvoihin tehdään tarvittaessa hienosäätöä.

**Tulokset:** Alle 50 kg painoisilla lapsilla manuaalisesti asetetut mAs-arvot eli ns. käsiarvot ja kuvaus ilman hilaa ovat olleet optimoinnin kannalta parempi ratkaisu kuin valotusautomaatiikan (Automatic Exposure Control, AEC) ja hilan käyttö. Tyypillisesti mAs-käsiarvojen normalisoinnissa on käytetty konversiokertoimia välillä 1,0–1,5. Saman valmistajan laitteille muunnoskertoimet ovat olleet 1,0–1,2. Näin ollen samansuuruisia tai lähes samansuuruisia manuaalisesti asetettuja mAs-arvoja on voitu käyttää suurelle määrälle tavanomaisia röntgenlaitteita.

**Johtopäätökset:** Kuvatun menetelmän on osoitettu olevan helposti sovellettava ja tehokas lähestymistapa lasten rintakehän röntgentutkimusten alustavaan optimointiin. Tämä viittaa siihen, että kuvattu menetelmä voitaisiin ottaa käyttöön myös muualla.

### Lähdeluettelo

(1) European Commission (EC). (2018). Radiation protection No 185: European guidelines for diagnostic reference levels for paediatric imaging. Saatavilla osoitteessa: [http://www.eurosafeimaging.org/wp/wp-content/uploads/2018/09/rp\\_185.pdf](http://www.eurosafeimaging.org/wp/wp-content/uploads/2018/09/rp_185.pdf).

(2) MÄÄRÄYS STUK S/4/2019. Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilynsuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. Annettu Helsingissä 4.4.2019.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Esittäjä: Erikoistuva fyysikko Venla Repo, Eloisa (& et al.)

## POSTERI – Tomosynteesin laadunvalvonta

Tomosynteesille eli ns. 3D-mammografialle ei ole sen kasvaneesta käyttöasteesta huolimatta ollut kansallista laadunvalvontasuositusta. Tomosynteesin laadunvalvontatoimenpiteet ovat tämän seurauksena olleet keskimääräisesti vähäisiä ja suuresti vaihtelevia eri sairaaloiden välillä. Tämän Keski-Suomen hyvinvointialueen ja Jyväskylän yliopiston yhteistyönä toteutetun pro gradu -tutkielman tavoitteena oli yhdessä sairaalafyysikoista kootun työryhmän ja Säteilyturvakeskuksen kanssa laatia tomosynteesille kotimainen laadunvalvontaopas.

Työtä varten perehdyttiin tomosynteesin kansainvälisiin laadunvalvontasuosituksiin [1–3], joiden perusteella valittiin testejä jatkotarkasteluun. Myös Säteilyturvakeskuksen määräys S/5/2019 [4] ja edellinen 2D-mammografian laadunvalvontaopas [5] huomioitiin, ja laitevalmistajien omiin laadunvalvontaohjeisiin tutustuttiin. Testien sopivuus Suomen sairaalaympäristöön arvioitiin niiden merkityksellisyden, toteutuksen yksinkertaisuuden, testien vaatiman ajan ja tarvittavien välineiden perusteella. Tämän jälkeen potentiaalisiksi arvioidut testit suoritettiin viiden eri laitevalmistajan mammografialaitteilla.

Suoritettujen mittausten ja työryhmältä saadun palautteen perusteella suositukseen valittiin 12 laadunvalvontatestiä. Näiden testien avulla voidaan tarkistaa laitteen seuraavat tekniset ja kuvanlaatuun liittyvät ominaisuudet: kuvanlaadun vakioisuus, kuvanlaadun tasaisuus ja virheettömyys, paikkaerotuskyky, syvyys suunnan resoluutio, kuvautuva tilavuus, valotusautomaatin lyhyt- ja pitkäaikainen vakioisuus, valotusautomaatin paksuuskompensaatio, säteily-, valo- ja kuvakentän yhteneväisyys, annosnäytön oikeellisuus, mitta-kaavavirheet sekä kuvausaika.

Vaikka suositus ei ole sitova määräys, voidaan sen avulla laadunvalvontaa toteuttaa sairaaloissa yhteneväisemmin, perustellusti ja eri laitemallien ominaispiirteet huomioiden. Suositus tullaan julkaisemaan osana Säteilyturvakeskuksen STUK opastaa -julkaisusarjaa.

### Lähdeluettelo

- [1] E. A. Brens ym. "Digital mammography quality control manual", American College of Radiology (ACR), 2018.
- [2] R. E. van Engen ym. "Protocol for the quality control of the physical and technical aspects of digital breast tomosynthesis systems", European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (EUREF), 2018.
- [3] European Federation of Organisations for Medical Physics, "Quality control in digital breast tomosynthesis (DBT)", EFOMP protocol, 2023
- [4] STUK, "S/5/2019 Säteilyturvakeskuksen määräys säteilylähteiden käytönaikaisesta säteilyturvallisuudesta ja säteilylähteiden ja käyttötilojen poistamisesta käytöstä", <https://www.stuklex.fi/maarays/stuk-s-5-2019>
- [5] Paula Toroi ym. "Mammografialaitteiden laadunvalvontaopas", STUK opastaa, 2014, [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/126618/STUK\\_opastaa\\_Toukokuu\\_2014\\_.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/126618/STUK_opastaa_Toukokuu_2014_.pdf?sequence=1)



Esittäjä: Väitöskirjatutkija Samuel Onnela, Oulun Yliopisto (& et al.)

## POSTERI – Putkivirran modulaatio vähentää potilasannosta ja parantaa kuvanlaatua: simulaatiotutkimus/Simulation of Angular Tube Current Modulation for Dose Optimization in Diagnostic CBCT

**Purpose:** Cone Beam Computed Tomography (CBCT) is a widely used X-ray imaging technique. Though considered a low-dose modality, it can result in significant cumulative doses, for example in CBCT-based radiation therapy patient positioning [1]. Automatic Exposure Control (AEC) systems, commonly used in conventional helical CT to optimize dose and image quality, remain largely unimplemented in CBCT systems [2].

**Materials and Methods:** This study shows that tube current adjustment based on phantom attenuation reduces radiation dose with minimal effect on image quality. An anthropomorphic phantom was imaged with a diagnostic head-neck CBCT device (Planmeca Viso G7) with varying dose levels. The phantom was modeled as an elliptic cylinder based on scout images. A separate signal-to-equivalent thickness method [3,4] was used to choose the sufficient dose level for optimal image quality. The optimal projections were combined to simulate dynamic tube current modulation.

**Results:** Noise remained consistent while the radiation dose could be reduced by 5–17%. Signal-to-noise ratio (SNR) varied by  $\pm 1\%$  compared to the unmodulated image, depending on the slice. The modulated images exhibited both reduced radiation dose compared to the image reconstructed from projections with a constant current setting. The modulation reduced beam hardening-related artefacts significantly in the image reconstructions. Technical image quality analysis showed no alterations in the Noise Power Spectrum (NPS) of homogeneous targets.

**Conclusion:** The study concludes that adjusting tube current based on anatomical variations can effectively reduce radiation dose in CBCT imaging with minimal to positive impact on image quality.

### Lähdeluettelo

- [1] R. Pauwels, K. Araki, J. H. Siewerdsen, and S. S. Thongvigitmanee, "Technical aspects of dental CBCT: State of the art," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 44, no. 1, p. 20140224, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140224>
- [2] M. M. Rehani, R. Gupta, S. Bartling, et al., "ICRP Publication 129: Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT)," *Annals of the ICRP*, vol. 44, no. 1, p. 62, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/0146645315575485>
- [3] Gustschin, A. Gustschin, F. M. Epple, S. Allner, K. Achterhold, J. Herzen, and F. Pfeiffer, "Signal-to-thickness calibration and pixel-wise interpolation for beam-hardening artefact reduction in microCT," *EPL* 125 (2019).
- [4] Vavrik and J. Jakubek, "Radiogram enhancement and linearization using the beam hardening correction method," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 607, 212–214 (2009).



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Esittäjä: Röntgenhoitaja Maritta Timonen, Kainuun HVA

## POSTERI – Panoraamatomografian (PTG) kuvanlaatu vaihtelee merkittävästi hoitajien välillä

**Tutkimuksen tavoite:** Panoraamatomografia (PTG) on pään alueen röntgenkuvantamista, jonka kuvanlaatu on herkkä asetteluvirheille. Pään asetteluvirheet vaikeuttavat tarpeettomasti hammaslääkärin ja suurradiologin työtä sekä pahimmillaan johtavat virheisiin kuvien diagnostiikassa. Siten on tärkeää, että hoitajien väliset asetteluero ovat pieniä. Pään asettelu on ohjeistettu selkeästi, mutta asettelussa on silti havaittu merkittäviä eroja. Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella keskussairaalan röntgenhoitajien itsenäisesti suorittamien PTG-kuvien kuvanlaatua ja tasalaatuisuutta pääfantomin avulla.

**Materiaali ja menetelmät:** Käytössä oli Erler-Zimmer 2014 (Pr.-Nr.111) pää- ja kaularanka-fantomi, joka sisältää aikuisen ihmisen kallon ja kaularangan valettuna läpinäkyvään muoviin. Fantomi kiinnitettiin kuvausta varten kolmijalan päälle, joka sallii kallistukset ja kierrot eri suuntiin ja jonka asento on lukittavissa. Röntgenhoitajat (N=28) suorittivat PTG-kuvauksen itsenäisesti mutta valvotusti Planmeca ProMax 2D S2 -laitteella. Kuvausarvot ja leuan muodon valinta oli vakioitu, joten vain fantomin ja laserin asettelu vaikutti kuvanlaatuun. Aineistoksi saatiin PTG-kuvat sekä asetteluvalokuvat. Hammaskuvantamisen koehenkilöt vastuuröntgenhoitaja pisteytti kuvat tavanomaisia PTG:n kuvanlaatuksikriteereitä pääfantomille soveltaen asteikolla 0–8. Myöhemmin myös suurradiologi ja hammaslääkäri tekevät samoille kuville omat kuvanlaatuarviointinsa.

**Tulokset:** PTG-kuvissa hampaiston leveys vaihteli välillä 83–122 % mediaanista ja niiden "hymy-kulman" mediaani oli 170° (vaihteluväli 156–191°, jossa >180° tarkoittaa "surullista ilmettä"). Kuvien laatuasteiden mediaani oli 4 (vaihteluväli 1–7) ja niistä 43 % olisi tullut uusia (tulos 0–3 pistettä). Eniten pisteitä (14 kuvalle) tuli lievistä hymyistä ja vähiten (6 kuvalle) puolierojen puuttumisesta. Kulmahampaan pystysuuntainen asettelulaser tulisi kulkea 2.–3. hampaiden välistä, mutta sitä aseteltiin kuvausta varten jopa 3.–4. hampaiden väliin.

Keskiviivalaserin tulisi kulkea otsan keskeltä, mutta osalla laser kulki vinosti keskilinjan vasemmalta puolelta, jonka yhteydessä todettiin laserin olevan vinossa, vaikka itse fantomin asettelu oli vino.

**Johtopäätökset:** Vaikka kaikki hoitajat suorittivat kuvauksen samojen ohjeiden avulla ja fantomin asettelu on läpinäkyvän muovin ansiosta täsmällisempää kuin potilaan kohdalla, toteutunut pään asettelu ja siten myös kuvanlaatu vaihtelivat merkittävästi. Asettelu oli ajoittain jopa ohjeiden vastainen. PTG-tutkimukseen liittyvän pään asettelu- ja kuvien laadun parantamiseksi on aiheellista järjestää henkilökunnalle täydennyskoulutusta.

### Lähdeluettelo

1. Dhillon M. jne., 2012, "Positioning errors and quality assessment in panoramic radiography", *Imaging Sci Dent.* 2012 Dec;42(4):207-212. <https://doi.org/10.5624/isd.2012.42.4.207>.
2. HUS Diagnostiikkakeskus, opas versio 9, 3.7.2024, "PTG, hampaiston ja leuan panoraamatomografia, hyvän kuvan kriteerit".
3. STUK opastaa 2011, "Hammasarvontöiden laadunvalvonta ja kuvaushuoneen säteilysuojaus." ISBN 978-952-478-656-0.
4. AAPM report no. 175, 2016, "Acceptance testing and quality control of dental imaging equipment", ISBN 978-1-936366-56-9.



Esittäjä: Röntgenhoitaja Inga-Maarit Takalo, PAIJATHA

## POSTERI – Putkonen view: too much technique or not enough? Comparing Image Quality and Dose Between Diverse Radiographic Techniques for Two Shoulder Views: A Phantom Study

This anthropomorphic phantom study aimed to determine if established "Putkonen" axial shoulder view radiographic techniques were within set diagnostic reference levels (DRLs) and below achievable doses (ADs) [1, 2]; assess dose creep in new upright "Putkonen" view (UPV) [3] compared to traditional lateral recumbent version (LRPV); and explore potential dose reduction while maintaining physical image quality using three experimental beam hardening techniques (historical "10 kVp rule" and "modified 10 kVp rule" based on earlier studies [4, 5] and "new 25% rule" devised for this study).

The Kyoto Kagaku CTU-41 phantom was x-rayed (Philips 7300C). Incident air kerma (Piranha multimeter), dose area product (DAP, KermaX-plus SDP), entrance surface dose (ESD, derived using backscatter factors [6]), and effective dose (ED, PCXMC) were determined. Contrast-to-noise ratio (CNR) was calculated from unprocessed images (Fiji/FeatureJ) [7], and figure of merit (FOM) was derived from CNR and ESD [8]. Exposure and Deviation Indexes (EI, DI) were recorded from processed images.

ESD, DAP and ED of LRPV and UPV standard techniques were significantly below set DRLs and ADs. There was evidence of dose creep comparing UPV and LRPV (135 % mean ESD increase). Experimental techniques provided statistically significant ESD, DAP, ED and CNR reductions ( $p < 0,05$ ). ESD reduction (62,3 %) and FOM (LRPV 4257, UPV 1964) were highest for the modified 10 kVp rule, EI decreased most (53,4%) and DI was furthest from  $DI = 0$  (-2 and -2,5). ESD reduction (50,7 %) and FOM (LRPV 3110, UPV 1390) were second highest for the new 25% rule, EI decreased less (30,9%) and DI was closest to  $DI = 0$  (-0,3 and -0,8).

Modified 10 kVp rule and new 25 % rule both show promise as optimization techniques, but

further research should be conducted with more views, systems and subjective image quality analysis before introducing the optimal technique to clinical practice.

### Lähdeluettelo

[1] Hart, D., Hillier, M. C. & Shrimpton, P. C. (2012). Doses to patients from radiographic and fluoroscopic x-ray imaging procedures in the UK – 2010 review. HPA-CRCE-034. <http://www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/CRCEScientificAndTechnicalReportSeries/HPACRCE034/>

[2] Schegerer, A., Loose, R., Heuser, L. J. & Brix, G. (2019). Diagnostic Reference Levels for Diagnostic and Interventional X-Ray Procedures in Germany: Update and Handling. *RöFo - Fortschritte Auf Dem Gebiet Der Röntgenstrahlen Und Der Bildgebenden Verfahren* 191 (08), 739–751. <https://doi.org/10.1055/a-0824 7603>

[3] Takalo, I-M. (31.10.2024). Putkonen pystyssä - Aksiaaliprojektion variaatiot [lecture]. 47. Sädeturvapäivät 31.10. – 1.11.2024. Tampere. <https://sry.fi/app/up loads/sites/2/2024/11/Abstraktit-2024.pdf>

[4] Schueler, B. A. (1998). Clinical applications of basic x-ray physics principles. *RadioGraphics* 18 (3), 731–744. <https://doi.org/10.1148/radiographics.18.3.9599394>

[5] Wenman, A. & Lockwood, P. (2024). Comparing the standard knee X-ray exposure factor, 10 kV rule, and modified 10 kV rule techniques in digital radiography to reduce patient radiation dose without loss of image quality. *Radiography* 30 (2), 574–581. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2024.01.013>

[6] Meghziene, A., Dance, D. R., McLean, D. & Kramer, H.-M. (2010). Dosimetry in diagnostic radiology. *European Journal of Radiology* 76 (1), 11–14. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.06.032>



## SÄDETURVAPÄIVÄT

[7] Bushberg, J. T. (2021). The essential physics of medical imaging [e-book]. Fourth edition. Wolters Kluwer.

[8] Samei, E., Dobbins, J. T., Lo, J. Y. & Tornai, M. P. (2005). A framework for optimising the radiographic technique in digital X-ray imaging. Radiation Protection Dosimetry 114 (1–3), 220–229. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch562>



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Neurologi, Prof. Anne Koivisto, HY, HUS ja KYS*

### **Muistitutkimukset ja kuvantaminen, kliinikon näkökulma**

Luennossa käsitellään ajankohtaisia asioita muistisairauksien kehittyvästä erotusdiagnostiikasta mm. tänä vuonna kliiniseen käyttöön tullutta veren biomarkkeritutkimusta sekä kliinikon näkökulmasta kuvantamistutkimusten merkitystä erityisesti muistisairauden varhaisdiagnostiikassa. Muistisairauksien erotusdiagnostiikka ja uudet Alzheimerin taudin (AT:n) hoidot asettavat vaatimuksia kuvantamistutkimuksille erityisesti aivojen magneettitutkimuksille (MRI) - myös hoidon riskin, vasteen ja sivuvaikutusten arvioinnissa. AT:n uudet amyloidikertymään vaikuttavat hoidot vaativat kuvantamisresurssin (MRI saatavuuden) uudelleen

arviointia ja järjestämistä esimerkiksi hoidon seurannassa ja päivystysaikaan mm. aivoverenkierroepäilyissä AT:n biologista hoitoa saavalla. Vaikka julkisella sektorilla ei uudet AT:n hoidot ole vielä käytössä, yksityisellä puolella on jo lekanemabi-hoitoa aloitettu yksittäisille potilaille. Suomessa viranomaiskäsitely lekanemabin osalta on kesken ja donanemabin osalta käsitely on alkamassa. Jos päätökset ovat positiiviset, lekanemabihoito tulevat sairaaloiden palveluvalikoimaan vuoden 2026 aikana. Kummallakin on jo Euroopan komission myyntilupa.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Radiologi Lauri Koponen, OYS

### Muistipää

MRI on Käypä hoito -suosituksessa ensisijainen kuvantamismenetelmä muistisairauksissa. MRI näyttää vaskulaarimuutokset parhaiten ja auttaa sekundaarisesti dementoivien tautien löytymisessä TT:tä paremmin. TT on hyvä vaihtoehto, mikäli on MRI-kuvaukselle kontraindikaatioita kuten tahdistin tai levottomuus. Isotooppikuvantamisella on täydentävä rooli varhaisvaiheiden tautitilojen kuvantamisessa ja mm. Alzheimerin taudin, Lewyn kappaletaudin ja otsaohimolohkorappeumien erotusdiagnoosissa. Mikään kuvantamismodality ei yksistään riitä muistisairauden diagnosointiin.

MRI:n keskeisin rooli on muistitutkimuksissa toimia sekundaarisesti dementoivien ja kirurgisesti hoidettavien tautien poissulkuna. Sekundaarisesti dementoivia tauteja voivat olla mm. kovakalvonalaiset vuodot (SDH), kasvaimet ja NPH.

Toissijainen tehtävä on karakterisoida atrofian ja kautumista. Yleisin muistisairaus on Alzheimerin tauti, jonka tyyppilöydöksinä nähdään sisempien temporaalilohkojen sekä päälakilohkon kutistumaa. Näitä arvioidaan radiologisilla kuvastoilla (mesial temporal atrophy score eli MTA-luokka) sekä parietaalilohkon atrofia (Koedam-luokitus). Kaikkiin muistisairauksiin etiologiasta riippumatta liittyy universaalia kortikaalista atrofiaa (Global cortical atrophy, GCA-luokitus) jota lievissä muodoissa voi olla myös normaaliin ikääntymiseen liittyen. Valkean aivoaineen vaskulaaridegeneraatiota arvioidaan Fazekas-luokituksella.

Usein muistipotilaan kuvantamislöydöksessä on piirteitä useasta taudista, Alzheimerin taudin tapauksessa esim. amyloidi angiopatia on yleinen oheislöydös sekä samoin normaalipaineinen hydrokefalus. Amyloidi angiopatiassa b-amyloidia kertyy ei niinkään extasellulaaritilaan kuten Mb. Alzheimerissa vaan pienten ja keskisuurten suonien tunica mediaan aiheuttaen pieniä verenvuotoja ja sekundaarista kudostuhhoa aivoaineessa. Taudin diagnoosi on histologinen, radiologista todennäköisyyttä arvioidaan Boston 2.0 kriteerein.

Normaalipaineinen hydrokefalus on edelleen etiologialtaan huonosti tunnettu, ikääntyneillä yleistyvä ja nuorena väestössä (< 60 v) harvainen tauti. Tautiin liittyy kävelyn leveäraiteisuus, muistiongelmia ja virtsankarkailu oiretriadina joka vain pienellä osalla on täydellinen toteamisvaiheessa. Radiologisesti tauti näkyy laajoina kalotin yläpintaa kohden terävöityneinä kammioina, ylhäällä kallon alla keskiviivaan tiivistyneinä kortikaalisina likvortiloina ja toisaalta väljinä basaalina likvortiloina (laajentunut Sylvian uurre). Radiologista löydöstä tavataan tautia oiretriadia potevia useammalla ja kovalöydöksessä on usein päällekkäisyyttä mm. Alzheimerin taudin ja vaskulaarimuutoksien osalta. Hoitona on shunttihoito joka tehsii parhaiten kävelyvaikeuksiin. Radiologin tehtävä diagnostiikassa on havaita tyyppillinen likvortilojen jakauma ja poissulkea kammioista obstruktiivinen hydrokefalus (kasvaimet, vuodot, akveduktussteenoosi).

Pieni osa dementioista voi edustaa nopeasti dementoivia tautitiloja, joita klassisessa kirjallisuudessa esitellään mm. CADASIL ja Creutzfeldt Jacobin tauti. Monet toksiset ja metaboliset enkefalopatit voivat olla nopeasti dementoivia, joista tunnetuimpia on Wernickin enkefalopatia. Lisäksi on strategisia aivoinfarktifokuksia, jotka voivat dementoida äkillisesti.

Yhteenvetona muistitutkimuksissa kuvantamisen osalta on tärkeintä poissulkea sekundaarisesti dementoivat taudit eli vuodot ja kasvaimet. Toissijainen tehtävä on antaa summaava painoarvio erilaisista atrofian paikantumisesta ja vaskulaarimuutoksista (infarktit, vuodot). Joskus diagnoosi voi jäädä kliinisesti ja kuvantamisella avoimeksi, jolloin seurantakuvaus voi parantaa diagnostista osuvuutta.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Sairaala-fysikko, TkT, Juha Peltonen, HUS Diagnostiikkakeskus

# Sydänlihaksen kvantitatiivinen kuvantaminen, T1-, T2 ja ECV-kartat

Kvantitatiivinen magneettikuvantaminen on nousut keskeiseksi työkaluksi sydänsairauksien diagnostiikassa ja seurannassa. Sen avulla pystytään mittaamaan kudosten ominaisuuksia numeerisesti, mikä mahdollistaa systemaattisen tilastollisen vertailun. Keskeisiä käytössä olevia menetelmiä ovat erityisesti T1-, T2-, T2\*- ja ECV-kartat.

T1-kuvantaminen mittaa sydänlihaksen relaksaatioaikaa ja auttaa muun muassa fibroosin ja amyloidoosin tunnistamisessa. T2-kartoitus puolestaan on herkkä tulehdukselle, minkä vuoksi sitä käytetään esimerkiksi myokardiitin arvioinnissa. T2\*-kartoitus soveltuu erityisesti raudan kertymän havaitsemiseen. ECV (extracellular volume, soluvälitilan koko) -kartoitus yhdistää T1-mittaukset ennen ja jälkeen varjoaineen annon, ja sillä voidaan arvioida sydänlihaksen soluvälitilan laajenemista, mikä on tyypillistä esimerkiksi diffuuseissa sairauksissa.

Sydänkuvantamisessa fysiologiset haasteet liittyvät erityisesti sydämen ja hengityksen aiheuttamaan liikkeeseen. Liikkeen vaikutuksen minimointi kuvauksissa edellyttää kuvauksen tahdistamista näiden liikkeiden mukaan, joka asettaa tiukat reunaehdot kuvauksessa käytettävälle ajalle. Tyypillisesti täydellisen magnetisaation palautumisen mahdollistavat menetelmät johtaisivat kuvauksessa liian pitkään hengityspidätys- tai kokonaisaikaan, joten käytettävissä menetelmissä täytyy turvautua erilaisiin kompromisseihin. Esimerkiksi T1 MOLL (Modified Look-Locker Inversion Recovery) sarjassa kuvattavien kaikkujen keräystä nopeutetaan virhe minimoiden ja T2 GRASE sarjassa yhdistetään spin- ja gradienttikaikua signaalin keräämisen nopeuttamiseksi.

Merkittävimmät virhelähteet kvantitatiivisissa kartoissa ovat liikeartefaktit, rajoittunut signaali-kohinasuhde, magneettikentän epähomogeenisuudet ja sekvenssien sekä laskentamenetelmien sisäiset ominaisuudet. Esimerkiksi T1- ja T2-mittauksissa magneettikentän epähomogeenisuus voivat vääristää relaksaatiovakioiden arviointia jopa kymmenillä prosenteilla. Laskentamenetelmän herkkyys liikeartefaktille voi vaihdella käytettävästi menetelmästä riippuen ja vaikeuttaa tulosten vertailtavuutta.

Virheiden minimoimiseksi voidaan käyttää liikkeen kompensointiin tarkoitettuja laskentamenetelmiä. Lisäksi kuvantamisprotokollat pyritään standardoimaan ja mittauksia toistetaan tarvittaessa useaan kertaan. Jälkikäsitelyssä voidaan hyödyntää artefaktien tunnistamiseen ja rajaamiseen tarkoitettuja algoritmeja. Myös laitteistojen kalibrointi ja laadunvarmistus ovat keskeisiä virheiden hallinnassa.

Kvantitatiivinen magneettikuvantaminen tarjoaa ainutlaatuisia mahdollisuuksia sydänlihaksen sairauksien diagnostiikkaan ja yksilöllisen hoidon suunnitteluun. Menetelmien tarkkuus ja luotettavuus paranevat jatkuvasti laskennan, laitteistojen ja analyysimenetelmien kehittyessä. Tulevaisuudessa odotetaan entistä laajempaa kliinistä soveltamista ja automatisoituja ratkaisuja, jotka helpottavat tulkintaa ja auttavat huomioimaan systemaattisten virhelähteiden vaikutusta.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

*Röntgenhoitaja Katja Kärkkäinen, HUS Diagnostiikkakeskus*

## Säteilypelkoisen potilaan kohtaaminen

Säteilypelko tarkoittaa pelkoa säteilyn käytöstä tai vaikutuksista, johon liittyy usein tietämättömyyttä tai aiempia negatiivisia kokemuksia. Pelon taustalla voi olla tiedon puute, historialliset traumat, kulttuuriset tekijät tai aiemmat hoitokokemukset.

Säteilypelko (radiofobia) on voimakasta pelkoa ionisoivaa säteilyä kohtaan. Se voi olla irrationaalista tai liiallista pelkoa.

Säteilypelolla on yhteyttä muihin pelkotiiloihin ja ahdistukseen. Säteilypelko voi olla osa laajempia pelkoja, jotka liittyvät hoitoihin, sairauksiin ja suljettuihin tiloihin.

Säteilypelko voi aiheuttaa potilaalle merkittävää ahdistusta hoidon aikana. Klaustrofobia voi lisätä ahdistusta, koska hoitotilat ovat usein suljettuja ja ahtaita. Pelko säteilyä kohtaan saattaa estää potilasta sitoutumasta hoitoprosessiin. Säteilypelon seurauksena hoito voi viivästyä tai potilas voi kieltäytyä siitä kokonaan.

Säteilypelko ja sen oireilu ovat tärkeitä tunnistaa. Säteilypelko ilmenee usein ahdistuksena ja pelkotiiloina, jotka vaikuttavat potilaan hyvinvointiin.

Potilas saattaa välttää tutkimusta tai hoitoa pelon vuoksi, mikä hankaloittaa tutkimuksia ja hoitoprosessia. Säteilypelko voi aiheuttaa epäluottamusta hoitohenkilökuntaan ja hoitosuunnitelmaan.

Oireiden varhainen tunnistaminen mahdollistaa oikeanlaisen tuen kohdentamisen potilaalle.

Potilaan aktiivinen kuunteleminen luo perustan tehokkaalle ja empaattiselle hoidolle. Luottamuksen kasvattaminen potilaan ja hoitajan välillä lisää hoidon laatua ja yhteistyötä.

Pelkojen hyväksyminen ja niiden käsittely rauhoittaa potilasta ja tukee paranemista.

Selkeä ja avoin viestintä auttaa potilasta ymmärtämään hoidon tarkoituksen ja vaiheet paremmin. Tiedon ja informaation tulee olla selkeää ja ymmärrettävää. Tämä on tärkeää potilaalle ja auttaa päätöksenteossa. Potilaan osallistuminen hoitopäätöksiin lisää hallinnan tunnetta ja vähentää pelkoa.

Empatia vähentää potilaan pelkoa ja luo luottamuksellisen hoitosuhteen hoitoprosessissa. Hyvä kommunikaatio ja empatia edesauttavat säteilypelon hallintaa ja hoidon sujuvuutta.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Erikoissairaalaafyyssikko Siru Kaartinen, KYS*

### **Raskaana oleva potilas ionisoivaa säteilyä hyödyntävässä radiologisessa tutkimuksessa tai toimenpiteessä**

Raskaana olevan potilaan ionisoivaa säteilyä käytäviin hyödyntäviin tutkimuksiin ja toimenpiteisiin liittyvä oikeutusarviointi tehdään sekä potilaan että sikiön terveysvaikutusten näkökulmasta. Raskaana oleva potilas voi saada tutkimuksesta tai toimenpiteestä suoran hyödyn, kun taas sikiö ei. Raskaana olevan potilaan radiologisiin tutkimuksiin ja toimenpiteisiin liittyy monta asiaa: raskauden selvittäminen, tutkimuksen oikeutusarvio, potilaan informointi, tutkimuksen optimointi ja sikiön

säteilyannoksen arviointi. Sikiö on erityisen herkkä säteilylle raskauden alkuvaiheessa. Radiologisissa tutkimuksissa käytetyt säteilyannokset ovat tyypillisesti alle 100 mGy, mikä aiheuttaa olemattoman tai vähäisen riskin säteilyn aiheuttamille suorille haitoille. Satunnaisten haittojen todennäköisyys kasvaa säteilyannoksen kasvaessa, minkä vuoksi oikeutusarviointi ja tutkimuksen optimointi on tärkeää tehdä huolellisesti.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Röntgenhoitajat Inkeri Peltonen ja Anne Komsu, HUS Diagnostiikkakeskus*

### Lasten kaltoinkohteluopäilyt: kuvaaminen käytännössä

**Lasten kaltoinkohtelua epäiltäessä kuvataan protokollan mukaan lapsen luustoröntgen, sekä magneetissa lapsen pää, selkäydin ja kokokeho.**

Lapsen luustoröntgentutkimusta tehdessä paikalla on aina kolme röntgenhoitajaa sekä yksi sairaanhoitaja tai lähihoitaja potilaan omalta vuodeosastolta. Tutkimuksessa otetaan noin 20 röntgenkuvaa lapsen koko luustosta. Yksi röntgenhoitaja ja vuodeosaston hoitaja toimivat kiinnipitäjinä, ja kaksi muuta röntgenhoitajaa suorittavat kuvauksen. Radiologi tarkistaa kuvat heti tutkimuksen jälkeen tai jo sen aikana ja tarvittavat lisäkuvat otetaan yleensä heti.

Magneettitutkimukset tehdään lapselle yleensä anestesiassa, sillä kolmen erillisen magneettitutkimuksen tekemiseen kuluu aikaa. Pienet lapset eivät myöskään itse pysy paikoillaan, jolloin anestesia on välttämätön. Jos anestesiatiimiä ei ole jostain syystä juuri saatavilla, voi tutkimuksen tehdä myös osissa, jolloin kuvaus tehdään ns. maipulloanestesiassa, mutta sitä ei liikeartefaktujen vuoksi suositella. Potilaan asettelussa pitää olla tarkka, jotta ranka olisi mahdollisimman suorassa parhaan kuvanlaadun takaamiseksi.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Radiologi Sanni Raerinne, TAYS*

### Osastokuvauksen haasteet

Thorax-röntgen on yleisin Suomessa tehtävä natiiviröntgenkuvaus. Kun potilas on huonokuntoinen, thoraxröntgen otetaan seisoma-asennon sijaan maaten tai joskus puoli-istuvassa asennossa. Kuvaus voidaan myös toteuttaa röntgenin ulkopuolella käyttämällä siirrettävää osastokuvauslaitetta, esimerkiksi valvonta- tai teho-osastolla. Potilas makaa kuvauksen ajan hoitosängyssään ja saadaan vain AP-suunnan projektiio, jolloin sivukuvan etukuvaa täydentävä ja selventävä tieto jää puuttumaan. AP-projektiio korostaa sädesuunnan vuoksi thoraxin etuosassa olevia rakenteita (kuten sydäntä). Makuuasennon vuoksi myös keuhkoverekkyys tasoittuu painovoiman vaikuttaessa tasaisesti ylä- ja alakentän keuhkoverisuoniin. Osastopotilaiden huonokuntoisuuden vuoksi heidän optimaalinen asettelemisensa kuvausta varten on haasteellista ja välillä jopa mahdotonta. Thorax-röntgenin tulkinnan kannalta olisi kuitenkin tärkeää, että kuva on oikein rajattu, mahdollisimman suora ja hyvässä sisäänhengitysvaiheessa otettu. Oikein rajatussa thoraxin röntgenkuvassa näkyvät keuhkokentät kokonaan yläkärjistä aina pleurasoppiin saakka. Sivuttaissuunnassa rajausta asetetaan AC-nivelen kohdalle. Mikäli osa keuhkokentistä rajautuu kuvausalueen ulkopuolelle, voi potilaan hoitoon vaikuttava löydös jäädä näkymättä. Tärkeitä rakenteita leikkaavaa kuvaa olisi syytä täydentää lisäkuvalla. Thoraxin röntgenkuva on suora, kun solisluiden mediaalipää on yhtä kaukana selkärangan okahaarakerivistä. Solisluiden tulisi myös olla samalla korkeudella vaakatasossa. Kuvan vinous voi aiheuttaa keuhkokenttiin eri tummuusasteen. Tämä voi aiheuttaa diagnostista ongelmaa, sillä myös pleuranesteily voi tasaisesti vaalentaa toista keuhkokenttää. Lisäksi kuvan vinous vaikeuttaa mediastinaalisten rakenteiden ja hilusten

arviointia. Kuvauksen ajoittaminen hyvään sisäänhengitysvaiheeseen on sitä vaikeampaa mitä sairaampi ja huonokuntoisempi potilas on. Potilas ei välttämättä jaksa vetää keuhkojaan täyteen ilmaa tai ei puutteellisen kooperaation vuoksi pysty noudattamaan hengitysohjeita. Etenkin teho-osastolla oikean sisäänhengitysvaiheen saaminen on yleensä kuvaavan röntgenhoitajan arviosta kiinni, sillä teho-osastopotilaat ovat usein sedatoituja ja kiinni ventilaattorissa. Inspiriumia keuhkokuvaus voidaan pitää jokseenkin riittävänä kun 8. kylkiluun takaosa näkyy palleakaaren yläpuolella, optimaalisemmin kuitenkin 9.–10. kylkiluiden posterioriset osat. Vajaaksi jäänyt sisäänhengitysvaihe suurentaa sydämen kokoa ja leventää mediastinumia. Kuvaan voi jäädä myös tiiviyttä/atelektasia keuhkojen ali-ilmastoitumisen vuoksi, mikä voi herättää turhan epäilyn pneumoniasta ja vaikeuttaa muiden mahdollisten keuhkomuutosten arviointia. Osastopotilaiden keuhkokuvioiden tulkintaa hankaloittavat myös summaatiot. Asettelussa on huomioitava, että potilaan leuka on mahdollisuuksien mukaan nostettuna kuvaushetkellä ylös ja kädet ovat vartalon sivuilla. Ylimääräiset letkut ja putket olisi hyvä siirtää pois kuvausalueelta, sillä ne voivat sekoittaa potilaan sisällä olevien letkujen sijainnin arviointia. Summaatiot voivat myös peittää oleellista informaatiota alleen. Joskus keuhkokenttien päälle summautuvat ihopoimutkin tuottavat kuvaa tulkitsevalle radiologille päänvaivaa. Kuvissa voi myös olla liikettä potilaan huonon kooperaation vuoksi. Vaikka osastopotilaiden thoraxröntgenkuvauksessa on haasteensa, onnistuneet kuvat helpottavat niiden tulkintaa ja tekevät löydösten arvioimisesta luotettavampaa. Osastopotilaiden kuvaamisessa korostuukin röntgenhoitajien ammattiosaaminen.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Röntgenhoitajat Anniina Hakso-Terävä & Johanna Tiitto, OYS*

### Tehohoitopotilaan thorax kuvantaminen

Thorax kuvaus on edelleen yleisin radiologinen tutkimus. Vuonna 2024 Oysissa thorax projektiota on kuvattu n. 34 000 kpl.

OYS:n uuden sairaalan myötä tehot ovat keskitetty tehohoitokeskukseen, jossa sijaitsee kaikki tehoyksiköt (Entinen teho 1, teho 2, Lasten tehot 55 sekä 64) Tehohoitokeskus on jaettu moduleihin, joissa jokaisessa on paikat 4 potilaalle. Moduleita tehohoitokeskuksessa on aikuispotilaille 10 kpl sekä lastentehon puolella saman verran. Näiden lisäksi sydäntehoalvonnassa (ICCU) 7 potilas paikkaa. OYS:n tehopotilaiden kuvantamisesta huolehtii kaikki kuvantamisen yksiköt B, F sekä G-Kuvantaminen.

Työskentely tehoympäristössä on haastavaa röntgenhoitajille, koska työskentelytilat voivat olla ahtaita. Potilaisiin on kiinnitetty monenlaisia elin-

toimintojatuokevia hoitovälineitä ja piuhoja, tämä vaatii röntgenhoitajilta erityistä tarkkaavaisuutta turvalliseen työskentelyyn liittyen. Potilaan kuvantaminen röntgenyksikön ulkopuolella on perusteltua silloin, kun potilaan vointi ei mahdollista potilaan siirtoa röntgeniin.

Miksi tehopotilaita kuvataan paljon? Tehohoitopotilaat ovat sairaaloiden kalleimpia ja työllistävimpiä potilaita. Suurin osa potilaista on kriittisesti sairaita ja heidän vointinsa saattaa heikentyä nopeasti. Kuvantamisen lisäkustannus on vähäinen muihin hoitokustannuksiin verraten, mutta oleellinen osa potilaan hoitoa ja diagnostiikkaa. Thorax kuvaus on helposti saatavilla. Jos potilaan voinnissa, hapetuksessa tai veriarvoissa tapahtuisi muutosta on thorax kuvaus tällöin indisoitu.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Radiologi (eval) Maja Hartikainen, KYS

## Kooste potilastapauksesta

Tarina alkaa 1980-luvulta, jolloin 24 v ikäisellä miehellä oli todettu perussairautena seronegatiivinen nivelreuma. Lisäksi oli todettu oikean nilkan villonoduraarinen synoviitti, johon silloin tehty leikkaus kahteen kertaan ja sen jälkeen hän oli saanut siihen sädehoitoa.

Vuonna 2014, silloin 53-vuotiaana, mies saapui kontrolliin reumapoliklinikalle niveloireiden vuoksi. Oikeassa nilkassa ollut entiseen tapaan kuumotusta ja lisääntyvää kipua erityisesti aamuisin ja liikkeelle lähettäessä. Reumalääkkeet eivät ole sopineet hänelle joko sivuvaikutusten tai tehottomuuden vuoksi. Oireiden vuoksi päädytty tekemään MRI oikeaan nilkkaan ajatuksella onko villonodulaarinen synoviitti uusiutunut. MRI-kuvassa oli todettu pigmentoivaan villonodulaariseen synoviittiin sopivat löydökset TC-nivelessä, subtalonivelessä ja varsinkin flexor hallucis longusjäntetupessa. Myös tarsometatarsaalinivelissä TMT II ja TMT IV oli subkondraalisia kystamaisia muutoksia, joista varsinkin II tarsometatarsaalin tilanne oli sopinut villonodulaariseen synoviittiin. TC-nivelessä on pitkälle edennyt artroosi.

Koska nilkkaan oli kehittynyt subtalo- ja talonavicular artroosi, vuonna 2016 oli päädytty tekemään nilkanivelen luudutusleikkaus. Kontrollikäyntiä ei sovittu paitsi, jos ruuvit alkavat aiheuttaa kipua tai alueelle alkaa kehittymään pattia.

Vuonna 2022 potilaan nilkka oli alkanut kipuilla ja turvonnut. Tehty oikean nilkan CT-tutkimus, jossa todettu oikeassa nilkassa erittäin laaja-alainen destruktio 12 cm alueella; TC-nivel on käytännössä hävinnyt. Prosessiin liittyy kookas pehmytkudoskomponentti mediaalisesti. Suositeltu MRI-tutkimusta, jossa tällä alueella nähdään kookas T1 niukkasignaalin ja T2 keski- sekä runsassignaalin tuumori. Kokonaisuus sopinut esitiedoissa mainittuun ja aikaisemmissa kuvauksissa pienempänä näkyneeseen PVNS/jättisolutuumoriin. Patologin alustava vastauksen mukaan kyseessä ollut jättisolutuumori, mutta lisävärjäyksen jälkeen lopullinen diagnoosi ollut immunoprofiilin perusteella high grade-tasoinen angiosarkooma. C-MYC positiivisuus viitannut sädehoidon jälkeiseen angiosarkoomaan.

Tammikuussa 2023 potilaalle tehtiin oikean säären amputaatio, johon proteesi. Ensimmäinen MRI-kontrolli tehty 10 kk leikkauksen jälkeen, jossa residivointiin viittaavaa ei todeta ja potilaan vointi ollut hyvä, joten kontrollikäyntiä ei ole sovittu.

Huhtikuussa 2025 potilas oli tullut päivystykseen ensihoidon tuomana kaaduttuaan kotonaan proteesijalan päälle. Otettu natiiviröntgenkuva, jossa löydös oli sopinut patologiseen murtumaan. Jatkotutkimuksena otettu oikean reiden MRI ja kokovartalo-TT. MRI-kuvassa distaalissa femurissa suprakondylaarisesti on todettu kookas lyyttinen luutumori, johon liittyy on patologinen murtuma. Lisälausunnon mukaan fokaalisen, pyöreän tuumorimuutoksen lisäksi nähdään varsin laaja-alaisesti femuria ympäröivää, runsassignaalista ja tiivistä tuumorikudosta, kooltaan ad. 36 cm. Kokovartalo-TT:ssä ei metastasointiin viittaavaa. Patologin mukaan löydös sopinut angiosarkooman residiviin.

Toukokuussa 2025 tuumorin laajuuden vuoksi ja riittävän marginaalin saamiseksi potilaalle tehty lonkan eksartikulaatio ja acetabulumin rustopinta kauhottu. MRI-kontrolli ja kokovartalo-TT suunniteltu 3 kk päähän.

Kontrollikuvissa syyskuussa 2025 leikkausalueella lonkkamaljan seudussa näkyy postoperatiivinen seroomakollektio. Tämän mediaalireunassa acetabulumin pinnalla nähdään residivisuuspektia, tehostuvaa, epätarkkarajaista solidia kudosta. Vertailukuvissa vastaavalla alueella ei ole näkynyt poikkeavaa. Lisäksi retroperitoneaalisesti oikealla iliacuslihaksen pinnalla, tehostuva noduli ad. 1,5 cm eikä tuumorilevinneisyyttä lantion sisäpuolella tältä osin voi poissulkea.

Vartalon TT-tutkimuksessa keuhkossa näkynyt selvästi kasvanut metastaasisuspekti nodulus oikealla yläohkossa posteriorisessa segmentissä, jota ei havaittu edellisessä vartalo-TT:ssä. Radiologin mukaan biopsia on mahdollinen, mutta se on riskialttiissa paikassa. Periaatteessa kryohoito voi olla mahdollinen, mutta vuotoriski on koholla.

Ja tämä tarina jatkuu vielä: Mies on nyt 64-vuotias. Kokovartalo-TT ja lantion MRI -kontrollit suunniteltu joulukuulle 2025...



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Gynekologi Henna Rossi, OYS

## Endometrioosi

Endometrioosi on pitkäaikainen, hyvänlaatuinen gynekologinen sairaus, josta kärsii arvioiden mukaan jopa joka kymmenes hedelmällisessä iässä oleva nainen. Muihin kroonisiin sairauksiin verrattuna esiintyvyys on samaa luokkaa kuin astmalla tai suomessa kansantautinakin tunnetulla verenpainetaudilla, tosin sillä erotuksella, että mies-sukupuoli antaa käytännössä 100 % suojan endometrioosia vastaan. Endometrioosissa kohdun limakalvon kaltaista ja samoin toimivaa kudosta on sirotunut kohtuontelon ulkopuolelle, tyypillisimmin munasarjoihin, vatsakalvolle, kohdun takakannatinsiteiden alueelle, suoliamätin väliseinään, suolen seinämään ja virtsarakkoon. Endometrioosin syntymekanismi on edelleen epäselvä, mutta taudin syntyyn tarvitaan kohdun limakalvon solujen päätyminen kohdun ulkopuolelle, solun kiinnittyminen väärään paikkaan, pesäkkeen kasvu ja aktivaatio estrogeenituotannon seurauksena.

Endometrioosin oireet ovat moninaisia, joskin kipu useammassa muodossaan on taudin avainoire. Yleensä ensimmäinen oire endometrioosista on kipeät kuukautiset, joihin tulehduskipulääke ei tuo riittävästi apua. Taudin edetessä kipu muuttuu krooniseksi lantion alueen kivuksi. Myös yhdyntäkivut, ulostamiskipu ja tärinäkipu ovat tyypillisiä endometrioosista kärsiville naisille. Toiminnallisia vaivoja, kuten ylävatsavaivoja ja ripulia voi esiintyä, lisäksi kuukautiskierron häiriöt epäsäännöllisine ja runsaine vuotoineen ovat yleisiä oireita. Endometrioosi on yksi yleisimmistä lapsettomuutta aiheuttavista tekijöistä.

Endometrioosin diagnostiikassa ensilinjassa ovat potilaan haastattelu ja oirekartointi. Kliinissä gynekologisessa tutkimuksessa tulee kiinnittää huomiota etenkin kohdun liikkuvuuteen,

kohdun liikkuvuuteen,kipuun alalantiossa, kohdunkaulakanavan takaosaan, resistensseihin munasarjaseudussa. Emättimen kautta tehtävä ultraäänitutkimus on helposti saatava, nopea ja halpa tutkimus, joka pystyy tunnistamaan erittäin hyvin munasarjan endometrioosin, taitavissa käsissä syvän endometrioosin, mutta vatsakalvon pinnallista endometrioosia ultraääni eikä muutkaan kuvantamistutkimukset, kirurgiaa lukuun ottamatta, pysty havaitsemaan. Tietyissä tapauksissa, kuten syvän endometrioosin diagnostiikassa ja hoidon suunnittelussa lantion magneettitutkimuksella on paikkansa.

Endometrioosi on pitkäaikainen sairaus, eikä parantavaa hoitoa tautiin ole. Endometrioosin hoidossa pyritään saavuttamaan vuodoton tila. Hormonihoidossa on useita vaihtoehtoja, joista ensilinjassa ovat yhdistelmäehkäisytabletit, pelkkää keltarauhashormonia sisältävät pillerit ja hormonikerukka. Mikäli hormonaalisella hoidolla ei saada vastetta, tulee miettiä taudin kirurgista hoitoa. Myös kookkaat endometriooman ollessa kyseessä kirurgiaa tulee harkita jo ensilinjassa. Erittäin tärkeää on myös tulehdustilan hallitseminen tulehduskipulääkkeillä, sekä tarvittaessa kivun laajamittaisempi hoito esim. kipukynnystä alentavilla lääkkeillä.

Endometrioosilla on lukuisia huomattavia, pitkäaikaisia vaikutuksia naisen elämään. Ongelmaksi on muodostunut oireiden normalisointi ja pitkädiagnostinen viive, jolloin hoidonaloitus viivästyy, oireet pitkittyvät ja tauti etenee. Nopea oireiden tunnistaminen ja hoidonaloitus parantavat naisten elämänlaatua ja vähentävää tehokkaasti endometrioosin aiheuttamaa kuormitusta niin yksilön kuin yhteiskunnan tasolla.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Radiologi Hannastina Hasan, HUS

## Endometriosisin kuvantaminen

Endometriosisin diagnoosi on kliininen ja myös hoitopäätökset tehdään kliinisen oirekuvan perusteella. Kuvantamiseen gynekologilla on käytössä ultraääni, jossa syvät endometriosisipesäkkeet näkyvät yhtä hyvin kuin MRI-tutkimuksessa mikäli kliinikko on kokenut. Lisäksi UÄ:llä on arvioitavissa adheesio, ns. sliding sign jota MRI:ssä ei pysty näkemään. MRI:ssä taas pystytään kuvantamaan laajempi alue kuin UÄ:llä ja esimerkiksi lantion sivuseinämiin liittyvät pesäkkeet eivät välttämättä kuvaudu UÄ:llä.

Endometriosisin MRI-kuvantamisen indikaationa on pääsääntöisesti preoperatiivinen kuvaus. Tällöin halutaan ennen operaatiota tietää, missä lantiossa on syviä endometriosisipesäkkeitä ja vaikeuttavatko ne muihin kuin gynekologisiin elimiin lantion alueella silloin, kun UÄ-tutkimus ei ole riittävä. Mikäli endometriosisia todetaan suolen seinämässä tai virtsateihin liittyen, voidaan leikkauksen tarvita mukaan näiden erikoisalojen kirurgi. Toisaalta MRI:tä voidaan oireperustaisesti käyttää etsimään endometriosisia alueilta, jotka eivät ole UÄ:llä saavutettavissa.

On hyvä muistaa, että MRI:llä ei voi poissulkea endometriosisia. Pinnallinen pienijakoinen endometriosisi ei yleensä MRI:ssä näy. MRI:llä etsitään ns. syviä pesäkkeitä, jotka muodostuvat, kun endometriosisi-implantti provosoi sielälihaskudoksen ja fibroosin muodostumista aiheuttaen pesäkkeitä ja kudosten kuroutumaa. Nämä näkyvät MRI:ssä T2 niukkasiignaalina, kurovina pesäkkeinä, jotka saattavat sisältää T1 runsasiignaalista hemorragiaa.

Ovarioissa endometriosisi voi näkyä pinnallisina hemorragisina fokuksina tai ns endometrioomina, T1 runsasiignaalina ovarioissa sijaitsevina hemorragisina kollektioina.

Tulee huomioida, että endometriosisia voi olla missä tahansa ja koko kuvattu alue tulee tarkastella huolellisesti

Lausuttaessa kuvia tulee kiinnittää huomiota erityisesti seuraaviin seikkoihin:

- Kohdun asento ja ovarioiden sijainti: Vaikuttaako kohdun asentoon kurova endometriosisipesäkke. Ovatko ovariot vetäytyneet kiinni kohtuun tai toisiinsa

- Onko kohdun takapinnalla kurovaa T2 niukkasiignaalista arpimaista juostetta: Tyypillisesti endometriosisipesäkkeet sijaitsevat kohdun dorsaalipinnalla, sacrouterina- ligamenttien alueella, retrokervikaalisesti ja vaginan takaforniksin alueella.
- Mahdollisen endometriosisipesäkkeen arviointi. Minkä kokoinen pesäke on, onko pesäkkeen alueella hemorragiaa, mikä vahvistaa epäilyä endometriosisista.
- Onko endometriosisipesäkkeen ja suolen välillä kiinnikkeisyyttä ja onko suolen seinämässä nähtävissä endometriosisipesäketta. Jos on millä etäisyydellä anaalikanavan ulkosuusta se sijaitsee, millä matkalla ja millä leveydellä se affisoi suolta. Katso suoli kauttaaltaan kuvautuvilta osin, joskus pesäke sijaitseekin proksimaalisemmin sigman alueella.
- Adnexit: Onko ovariot kiinni mahdollisessa kohdun dorsaalipinnan pesäkkeessä tai toisissaan, ja onko ovarioiden alueella endometrioomia tai pienempiä pistemäisiä pinnallisia hemorragisia pesäkkeitä. Tuuba voi olla myös laajentunut ja hemorraginen.
- Kohdun anteripuoli: Onko kohdun etupinnalla endometriosisia.
- Rakko ja virtsatie: onko virtsarakkoa tai uretereita affisioivaa endometriosisia.
- Näkykö nivusten tai iskiashermojen alueella endometriosisiksi epäiltävää.
- Näkykö muualla kuvausalueella endometriosisiksi epäiltävää arpisuutta tai hemorragisia pesäkkeitä.
- Kohtu: Onko adenomyosia joka näkyisi junktionaalisen kerroksen paksuuntumana, pieninä T2 runsasiignaalina kystina ja/tai T1 runsasiignaalina hemorragisina täplinä.
- Muut sivulöydökset huomioitava kuvausalueella



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Kuvausprotokolla HUS:ssa

### **T2 TSE SAG JA AX**

Kohdun rakenne, kohdun ja ovarioiden asento, kurovat T2 niukkasignaaliset endometrioosipesäkkeet, suoli- ja virtsateiden affisio

### **T1 DIXON FS SAG JA AX**

Hemorragiset pesäkkeet ja endometrioomat.

### **T1 DIXON SAG JA AX**

Rasvarajat erottuvat paremmin.

### **T2 HASTE FS COR siten että munuaiset kuvausalueella**

Virtsatiet, hydronefroosia?

Lisäksi tarvittaessa varjoaineseqvenssit, indikaationa epäselvän ovariopesäkkeen selvittely sekä hermoja tai lantion lateraaliseinämiä affisoiva endometrioosi.

Tarvittaessa Diffuusio epäselvän ovariopesäkkeen selvittelyyn.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

*Radiologi Suvi Marjasuo, HUS*

## Perianaalialueen kuvantaminen

Perianaalifisteli on yleinen sairaus. Sen hoitoa helpottaa tarkkan anatomian selvittäminen ja magneettitutkimus on paras kuvantamismenetelmä fistelin selvittämiseksi.

Fistelitauti voi kehittyä tulehduksellisen suolistosairauden (erityisesti Crohnin taudin) komplikaationa, mutta myös ilman sitä. Crohnin tautiin liittyvät fistelit ovat usein monimutkaisempia ja vaikeahoitaisempia kuin yksinkertaiset fistelit.

Fisteli tarkoittaa epänormaalia epiteelin verhoamaa yhteyttä kahden epiteelipinnan (esim. anaalikanava ja iho, vagina tai peräsuoli) välillä. Fisteleiden lisäksi kuvissa voi nähdä sinuskäytäviä, joissa ei yhteyttä toiselle epiteelipinnalle erotu.

Tutkimusohjelma tulee optimoida anatomian ja nesteisten rakenteiden erottamiseksi. Tarvitaan korkealaatuisia T2- ja rasvasaturoituja T2- painotettuja sekvenssejä eri suunnissa ja lisäksi kolmen suunnan tehostetut sekvenssit. Diffuusiosekvenssi ei ole perustapauksessa tarpeen.

Fisteleiden arvioimiseen on olemassa monia eri luokittelujärjestelmiä. On tärkeää käyttää sitä luokittelua, mitä paikallinen hoitava kirurgi käyttää.

Luennolla katsotaan kuvia erilaisista fisteleistä ja myös hoidon myötä tapahtuneista muutoksista.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Radiologi Johanna Kallio, TYKS

## Urologiset kiputilat

Luennolla keskitytään urologisiin kroonisiin kiputiloihin elinkohtaisesti, ja radiologian rooliin näiden diagnosoinnissa. Tarkastelemme myös kroonisen kivun terminologiaa ja taksonomiaa, joka on viime aikoina tarkentunut mm Euroopan (EAU) suositusten myötä. Tämä täsmentynyt kipupotilaan diagnostiikka mahdollistaa aiempaa tarkemman kliinisen hoidon. Me radiologialla voimme hyvällä yhteistyöllä klinikoiden kanssa olla mukana varmistamassa kipupotilaan oireenmukaista hoitoa, sekä toisaalta myös spesifin taudin hoitoa sellaisen löytyessä.

Tärkeimmät kivuliaan lantion radiologiset löydökset keskittyvät eturauhaseen, sen erilaisiin tulehdustiloihin ja virtsarakkoon. Toisaalta radiologian merkittävä rooli voi olla myös ns. poissulkeva jotta oikea hoitopolku saadaan varmistettua siinäkin tapauksessa, kun orgaanista perifeeristä syytä ei löydy. Tämä merkittävien hoidettavien tautien poissulku auttaa asettamaan usein muutoin kliinisesti haastavan kipuoireyhtymän diagnoosin, ja vähentämään turhaan toistuvia monitorointeja.

Krooniset kipuoireyhtymät ovat yleisiä ja liittyvät usein muuhun sairastavuuteen. Arviolta jopa neljäsosalla maailman naispopulaatiosta on lantion kipuoireyhtymäksi luokiteltava tila, miesten osuus on arviolta puolen naisten prevalenssista. Kipuoireyhtymässä on erittäin tärkeää poissulkea orgaaniset hoidettavat taudit, kuten vaikkapa rakkokivet, tulehdukset ja maligniteetit. Viimeaikaisissa neuroradiologisissa tutkimuksissa on havaittu, että kroonista kipumekanismia voi ylläpitää keskushermostossa tapahtuneet orgaaniset muutokset. Tällöin perifeerisen kohde-elimen kipustimuluksen sammuessakin (esim. prostatiitti parantuu), voi kipu jatkaa keskushermoston modulaation johdosta. Krooninen lantion kipu voidaan jakaa primaareihin kipuoireyhtymiin (Chronic primary pelvic pain syndrome, CPPPS), joissa kohde-elimessä ei ole orgaanista vikaa, sekä sekundaarisiin kipuihin (Chronic secondary pelvic pain, CSPP), joissa spesifi kivun syy on löydettävissä. Tässä jaottelussa radiologia on avainasemassa.

Magneettikuvaus (MK) antaa modaaliteeteista tarkimman kuvan lantion urologisista pehmyto-

sista. Sitä voidaan käyttää myös miespotilailla, naisten endometrioosikuvantamista vastaavasti, oikean hoitopolun löytymiseen, etenkin hoitoresistenteissä lantion kiputiloissa. MK on tunnetusti ylivertainen eturauhasen diagnosoinnissa muihin konventionaalisiin modaaliteetteihin nähden. Tietokonetomografian (TT) ja ultraäänen (UÄ) rooli kipupotilailla on vähäisempi, mutta ne toimivat hyvin tietyissä tilanteissa. Pelkkä UÄ ei yleensä riitä tautien poissulkuun herkkyuden vaihdellessa, mutta on hyvinkin spesifi esim. virtsarakkokiven diagnosoinnissa, kun taas TT:llä löytyy hyvin erityisesti tiiviimmät virtsarakon kalsiumoksalaattikivet.

Prostatiitti eli eturauhastulehdus ei ole yksi yhtenäinen tauti, vaan joukko erilaisia tautitiloja, jotka kaikki hoidetaan eri tavoin. Se voidaan jaotella akuuttiin bakteeriperäiseen, krooniseen bakteeriperäiseen, granulomatoottiseen sekä IgG4-välitteiseen prostatiittiin. Krooninen prostatiitti on edelleen käytössä oleva termi, mutta sen rinnalla voidaan puhua tuoreemman terminologian mukaisesta kroonisesta kipuoireyhtymästä (CPPS) silloin kun selvää selittävää tekijää prostatiitti-oireiden taustalta ei löydy. Prostatiitti voidaan kategorisoida 5 eri luokkaan oirekuvan ja löydösten mukaisesti. Magneettikuvauslöydös prostatiiteissa on vaihteleva, ja usein viitteellinen, maligniteetin ollessa merkittävin differentiaalidiagnostinen vaihtoehto. Diffuusiokuvaus voi auttaa tulehduksen erottamisessa maligniteetista, joskin morfologinen löydös ja diffuusion rajoittumisen vaihtelu eri syöpätyypeissä myös otettava huomioon.

Virtsarakkoperäisistä taudeista tärkeimmät kipua aiheuttavat ovat rakkokivet, sille altistavat tekijät kuten rakon tyhjenemishäiriöt, sekä kystiitit. Terminä interstiitelli kystiitti on vanha, ja tilalla suosituksissa käytetään kroonista virtsarakon kipuoireyhtymää. Tässäkään ei ole radiologisia löydöksiä, kuten ei muissakaan primaareissa kipuoireyhtymissä. Rakkokivien hoitoon vaikuttaa kiven etiologia. Kivien morfologia vaihtelee jonkin verran sen mukaan mistä ovat muodostuneet. Ne luokitellaan primaareihin, sekundaarisiin ja ylävirtsaateista migroituneisiin. Näistä kaksi ensimmäistä yleensä vaatii aktiivista hoitoa. Yleisin syy rakko-



## SÄDETURVAPÄIVÄT

kivien muodostumiselle on rakon tyhjenemishäiriö eri syistä, sekundaariset kivet voivat toisaalta aiheutua kroonisesta tulehduksesta tai vierasesi-neestä, kuten katetrasta.

Muita urologista kroonista kipua aiheuttavia entiteettejä ovat mm. paraurethraaliset rauhaskystat, ja kivespussin sairauksista lähinnä varikoseele eli kiveskohju ja krooninen lisäkivestulehdus, joista kipu voi heijastua alavatsalle.

### **Kirjallisuutta:**

- EAU Guidelines on Chronic Pelvic Pain. Edn. presented at the EAU Annual Congress, Madrid 2025. ISBN 978-94-92671-29-5. <http://uroweb.org/guidelines/compilations-of-all-guidelines>
- Moore JR, Pathak RA, Snowden C, Bolan CW, Young PR, Broderick GA. Multispecialty retrospective review of the clinical utility of pelvic magnetic resonance imaging in the setting of pelvic pain. *Transl Androl Urol.* 2017 Dec;6(6):1155-1158.
- Borgert BJ, Wallen EM, Pham MN. Prostatitis: A Review *JAMA.* 2025; 334(11):1003-1013.
- Shakur A., Hames K, O'Shea A, Harisinghani MG. Prostatitis: imaging appearances and diagnostic considerations. *Clinical Radiology*, Volume 76, Issue 6, 2021, Pages 416-426.
- Lai HH, Pontari MA, Argoff CE, Bresler L, Breyer BN, Chou R, et al. Male Chronic Pelvic Pain: AUA Guideline: Part I Evaluation and Management Approach. *Journal of Urology.* 2025 Aug 1.
- Georgine Lamvu, MD, Jorge Carrillo, Chensi Ouyang et al. Chronic Pelvic Pain in Women: A Review. *JAMA Published Online: June 15, 2021;325(23):2381-2391.*
- Bladder calculus | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org (retrieved 16.9.2025)
- <https://uroweb.org/guidelines/urolithiasis/chapter/bladder-stones> (retrieved 3.10.2025)
- Baian Wei, Yiwen Pan and Shu Gan. systematic scoping review of Jackstone Calculi: clinical presentation and management. *Urolithiasis* (2025) 53:1
- Liu, Chia-Chu MD; Li, Ching-Chia MD; Shih, Ming-Chen MD; Chou, Yii-Her PhD; Huang, Chun-Hsiung PhD. Matrix Stone. *Journal of Computer Assisted Tomography* 27(5):p 810-813, September 2003.
- Carlos Paredes, Blanca Paño, Carmen Sebastià et al. Layer upon layer: Imaging techniques of bladder matrix stone: A case report. *Radiology Case Reports.* 2024;19:5942-5947.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Radiologi, kliininen opettaja, Antti Kempainen, OYS kuvantaminen*

### Päivystyksen akuutit murtumakuvat

Radiologisten kuvien tulkintaan on kehitetty lukemattomia tekoälysovelluksia, ja kaupallisia CE-merkittyjä tuotteitakin on jo satoja. Kuvien tulkinnan työkaluista erilaiset röntgenkuva-analysaattorit ovat edenneet kaupallisesta näkökulmasta varsin pitkälle. Meta-analyyseista tieteellistä näyttöä erittäin hyvästä tekoälyn suoriutumisesta esimerkiksi murtumien havaitsemisesta röntgenkuvista on olemassa. Käytännössä julkaisuihin liittyy monenlaista pientä printtiä, datan siistimistä ja muuta todellisesta elämästä poikkeamista, dataa ei pääse itse juuri tarkastelemaan eikä prospektiivista tutkimusnäyttöä juurikaan taida edelleenkään olla. Eli siis kokeilukäyttö on edelleen tärkein tapa saada todellista käyttökokemusta.

Oulun yliopistollisessa sairaalassa (OYS) on otettu käyttöön yhteispäivystyksen pyytämien natiiviröntgenluukuvien tulkintaan kehitetty kaupallinen tekoälysovellus. Se on ollut käytössä jo useamman vuoden, mutta kesäkuussa 2025 toimintaa muutettiin siten, että näistä tutkimuksista ei laadita radiologin lausuntoa ollenkaan, ellei hoitava lääkäri sitä erikseen pyydä. Tämä toteutettiin automatisoidusti IT-gurujen toimesta. Alunperin lausunnon poisjättö tehtiin yksilöllisesti röntgenhoitajien tekemän arvion mukaan (jos selvä murtuma ja tekoäly oli sen havainnut -> ei lausuntoa), mutta toteutuminen oli vaihtelevaa. Maailmalla, esimerkiksi Norjassa, on myös erilaisia lähestymismalleja tekoälyn integrointiin traumakuvantamisessa.

Tätä lyhyttä esitystä varten olen jututtanut meillä OYS:ssa laajalti päivystysradiologeja, päivystäviä radiologeja sekä tuttuja kirurgeja, akuuttilääkäreitä ja päivystäviä yleislääkäreitä. Lisäksi olen pyytänyt virallisempaa palautetta sähköpostitse vastuuhenkilöstöltä. Vastauksia olen myös saanut kiittävästi.

Yleisviesti on se, että OYS:ssa luukuvien tekoälysovellus on koettu hyödylliseksi ja käytännölliseksi aputyökaluksi. Radiologit ovat tyytyväisiä, että sa-neltavia tutkimuksia on vähemmän. Puhelinkonsultaatioita röntgenkuvista tulee erittäin vähän, ja tyypillisin konsultoinnin muoto on lausunnon pyyntö kuvantamisjärjestelmässä (tutkimus nousee lausuttavien listalle), eli työnteko ei liioin keskeydy. Kirurgit ja akuuttilääkärit harvemmin lukevat radiologin lausuntoja ja ovat kokeneet tekoälysovelluksen osin kivaksi lisähyödyksi, osin merkityksettömäksi. Huomionarvoista on, että myöskään kirurgeja tai akuuttilääkäreitä ei häiritä aiempaa enemmän kuvakonsultaatioilla. Tekoälysovellus on oikeastaan otettu tärkeimpänä kohderyhmänä käyttöön päivystävillä yleislääkäreille, jotka ovat olleet pääasiassa myös tyytyväisiä sovellukseen. Sellainen hankaluus on koettu, että tekoäly ei mitata varttinäluun distaaliosan murtuman kulmia ja lyhentymiä vaan mittaukset on nyt joutunut itse opettelemaan kun radiologi ei niitä tee.

Meidän radiologeilla ja hoitavilla lääkäreillä on aika hyvin kokemusta murtumatyypeistä, joita tekoäly ei havaitse. Erityisesti eksaktiasentoiset murtumat ja impaktotuneet murtumat ovat tekoälyllemme haasteellisia. Polviniveleffuusio on tyyppiesimerkki löydöksestä joka jää tekoälyllä varsin usein havaitsematta. Väärä negatiivinen löydös vaikuttaa nähdäksemme hyvin harvoin hoitoprotokollaan. Väärät positiiviset eivät ole aiheuttaneet ylimääräistä kuormitusta yksikössämme. Näitäkin aspekteja olemme integroineet lääketieteen peruskoulutukseen OYS:ssa.



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Sairaala fyysikko Satu Inkinen, HUS

## Laadunvalvonta tekoälysovelluksissa radiologiassa

### Johdanto

Radiologian tekoäly (AI) sovellusten määrä kasvaa Euroopassa, ja satoja CE-merkittyjä ohjelmistoja on jo hyväksytty kliniseen käyttöön. Turvallinen ja laadukas AI-sovellusten arviointi ja käyttöönotto on monitahoinen prosessi, joka vaatii laadunvarmistusprosessit ja huolellisen integraation paikallisiin työkulttuureihin. AI-sovellusten tulee toimia sairaalan potilasaineistoille ja laitekannalle ja soveltua klinikan tarpeisiin potilasturvallisuutta vaarantamatta.

### Laadunvalvonnan merkitys AI-sovelluksissa

Laadunvalvonta tarkoittaa systemaattisia toimenpiteitä algoritmin toimivuuden ja luotettavuuden varmistamiseksi sekä ennen käyttöönottoa että käytön aikana. Luennossa käydään läpi HUS Diagnostiikkakeskus Radiologiassa kehitettyä testaus- ja käyttöönottoprosesseissa (Ketola et al., 2024) sekä käydään läpi muutamia konkreettista esimerkkiä käytön jälkeinen seurantaan liittyen (de Vries et al., 2023).

### Testausprosessi ennen käyttöönottoa

Ennen AI-sovelluksen kliinistä käyttöönottoa suoritetaan vaiheittainen testaus (Taulukko 1.) Systemaattinen ennakkotestaus eli paikallinen validointi on välttämätöntä, koska tekoälyalgoritmien suorituskyky voi heikentyä uudessa ympäristössä ilman lisäasettejä. Tutkimuksissa on havaittu, että jopa neljänneksessä ulkoisista validaatioista suorituskyky laski merkittävästi verrattuna kehittäjän omiin testeihin (Yu et al., 2022). Siksi paikallinen validointi ja yhtenäinen testausprosessi ovat potilasturvallisuuden ja luottamuksen kannalta keskeisiä.

*Taulukko 1. Tiivistelmä testausprosessista (Ketola et al. 2024). Systemaattinen testausprosessi antaa tähän selkeät raamit, jolloin jokainen arvioitava sovellus käydään läpi yhdenmukaisesti ja dokumentoidusti, mikä turvaa potilasturvallisuutta ja luo luottamusta AI-sovelluksen käyttöön.*

1. Alkukartoitus: Markkinoilla olevien AI-tuotteiden selvitys sekä alustava arviointi ohjelmiston toiminnasta ja soveltuvuudesta. Tarvittaessa pyydetään lisäaineistoja valmistajilta ja varmistetaan minimivaatimusten täyttyminen.

2. Retrospektiivinen testaus: Lupaavat sovellukset testataan kontrolloidussa ympäristössä aiemmilla potilasaineistoilla. Suorituskykyä mitataan ennalta määritellyillä kliinisillä tunnusluvuilla, kuten herkkyys ja tarkkuus. Näin tunnistetaan mahdolliset harhat ja virheluokitukset ennen potilastyöhön siirtymistä.

3. Prospektiivinen pilotointi: Algoritmia kokeillaan rajoitetusti oikeassa kliinisessä työkyvyssä rinnakkaisena työkaluna. AI:n tuottamat tulokset eivät vielä ohjaa potilashoitoa ilman ihmisen vahvistusta. Samalla arvioidaan raportointiaikaa ja työkyvyn sujuvuutta sekä kerätään käyttäjäkokemuksia.

4. Johtopäätökset: Testausryhmä kokoaa tulokset ja vertaa niitä ennalta asetettuihin kriteereihin. Mikäli sovellus täyttää laatuvaatimukset, laaditaan käyttöönottoa ja seurantaan koskeva raportti.

### AI-sovelluksen käyttöönotto radiologiassa

Käyttöönotto noudattaa nelivaiheista mallia, joka varmistaa teknisten, kliinisten ja hallinnollisten osa-alueiden huomioimisen (Taulukko 2). Strukturoitu lähestymistapa ja selkeät roolit mahdollistavat tehokkaan muutoksenhallinnan ja onnistuneen työkalujen juurruttamisen käytäntöön. Esimerkiksi ohjelmistotoimittaja vastaa asennuksesta ja pitkäaikaisesta seurannasta, kun taas kliiniset AI-lähettiläät tai digiradiologit ("Clinical AI champions") vastaavat käyttäjien koulutuksesta ja palautteen välittämisestä. Fyysikot seuraavat algoritmin tarkkuutta ja laatuvaatimusten täyttymistä.

Alla oleva prosessi mukalee parhaita käytäntöjä ja suosituksia, joita on esitetty mm. kirjallisuudessa. Esimerkiksi Jiang et al. (2024) esittivät hyvin samankaltaisen nelivaiheisen mallin: malli kehitys & testaus, kliininen käyttöönotto ja monitorointi. Myös Britanniassa on korostettu muutoksenhallinnan tärkeyttä – AI-tiimin perustaminen ja vaiheistettu käyttöönotto varmistavat, että uudet työkalut saadaan juurrutettua käytäntöön onnis-



# SÄDETURVAPÄIVÄT

tuneesti (Shelmerdine et al., 2024). Oleellista on, että jokaisella tiimin jäsenellä on selkeä rooli.

Taulukko 2. Tiivistelmä käyttöönottoprosessin vaiheista.

1. Organisaation valmiuksien varmistaminen: Johdon tuen ja moniammatillisen tiimin kokoaminen sekä yhteistyökanavien luominen.
2. Suunnittelu ja valmistelu: Käyttötarkoituksen ja tavoitteiden määrittely, aikataulut, yhteensopivuuden varmistaminen IT-järjestelmien kanssa, lakisäätöisten veloitteiden ja riskienhallinnan toteutus sekä laadunseurannan mittareiden määrittely.
3. Esiasennus ja pilotointi: Ohjelmiston tekninen asennus ja integraatio, järjestelmän testiajo sairaalan omilla kuvilla sekä käyttäjien koulutus. Pilotointikäyttö mahdollistaa käytännön haasteiden tunnistamisen ennen laajaa käyttöönottoa.
4. Täysimittainen käyttöönotto ja seuranta: Sovelluksen laajamittainen käyttöönotto, jatkuva laadunvalvonta ja käyttäjätuki. Algoritmin suorituskykyä, käyttäjäpalautteita ja mahdollisia virhetilanteita seurataan systemaattisesti.

## Post-market surveillance (PMS) – Jatkuvan seurannan tärkeys

Käyttöönoton jälkeen laadunvarmistus jatkuu kliinisessä käytössä järjestelmällisen ja jatkuvan seurannan muodossa. PMS on lakisäätöinen vaatimus CE-merkityille ohjelmistoille, ja sen tarkoituksena on osoittaa tuotteen tehokkuus ja turvallisuus koko elinkaaren ajan. Käytännössä PMS toteutetaan valmistajan ja käyttäjäorganisaation yhteistyönä, ja seurattavia mittareita voivat olla esim. väärin positiivisten/negatiivisten määrät ja käyttäjäkokemukset. Valmistaja voi kerätä anonymisoitua suorituskykydataa asiakkailtaan ja reagoida, jos algoritmin suorituskyky poikkeaa odotetusta.

## Yhteenveto

AI-sovellusten laadunvalvonta radiologiassa on monivaiheinen, kehittyvä ja jatkuva prosessi, joka kattaa sovelluksen käyttökaaren. Systemaattinen testaus, huolellinen käyttöönotto ja jatkuva seuranta takaavat potilasturvallisuuden ja tukevat tekoälyn luotettavaa hyödyntämistä kliinisessä työssä. Samalla varmistetaan, että tekoälytyökälyt tuovat todellista lisäarvoa terveydenhuoltoon.

## Viitteet

- Ketola, J. H. J., Inkinen, S. I., Mäkelä, T., Syväranta, S., Peltonen, J., Kaasalainen, T., & Kortesianiemi, M. (2024). Testing process for artificial intelligence applications in radiology practice. *Physica Medica*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2024.104842>
- Yu AC, Mohajer B, Eng J. External validation of deep learning algorithms for radiologic diagnosis: a systematic review. *Radiol Artif Intell* 2022;4(3):e210064. <https://doi.org/10.1148/ryai.210064>.
- de Vries, C. F., Colosimo, S. J., Staff, R. T., Dymiter, J. A., Yearsley, J., Dinneen, D., Boyle, M., Harrison, D. J., Anderson, L. A., & Lip, G. (2023). Impact of Different Mammography Systems on Artificial Intelligence Performance in Breast Cancer Screening. *Radiology: Artificial Intelligence*, 5(3). <https://doi.org/10.1148/ryai.220146>
- Shelmerdine, S. C., Togher, D., Rickaby, S., & Dean, G. (2024). Artificial intelligence (AI) implementation within the National Health Service (NHS): the South West London AI Working Group experience. *Clinical Radiology*, 79(9), 665–672. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2024.05.018>
- Jiang, S., Bukhari, S. M. A., Krishnan, A., Bera, K., Sharma, A., Caovan, D., Rosipko, B., & Gupta, A. (2025). Deployment of Artificial Intelligence in Radiology: Strategies for Success. *American Journal of Roentgenology*, 224(2). <https://doi.org/10.2214/AJR.24.31898>



# SÄDETURVAPÄIVÄT

Radiologian el, LT, Sannamari Lepojärvi, Terveystalo

## Ikääntyvän jalkaterämuutokset: aikuisen hankinnainen lattajalka

- Jalkaholvin madaltuma, joka alkuun yleensä joustava, mutta edetessään voi jäykistyä.
- Jopa noin 20 % aikuisista, mutta isolla osalla niin vähäoireinen, ettei vaadi hoitoa.
- Altistavia tekijöitä: Ikääntymisen mukanaan tuoma kudosten ja nivelten löystyminen, ylipaino, naissukupuoli ja raskaudet. Taustalla voi olla myös vammoja tai sairauksia, kuten Charcot osteoartropatia tai reumasairauksia.
- Kehittymisestä useampia teorioita: jalkaholvin mediaaliosan suhteellinen ylikuormitus, joka johtaa ligamenttien venyttymiseen, stabiloivien jänteiden ylikuormitukseen ja lopulta luisiin deformaatioihin. Taustalla voi olla myös akilleskireyttä, joka johtaa peroneusten ja tibial posteriorin toimintamuutoksiin, ja tätä kautta jalkaholvin mediaaliosan ylikuormitukseen ja tibial posterior tenosynoviittiin, tendinoosiin, venyttymiseen ja lopulta repeämään, tämän jälkeen sekundaarisesti springligamentin, deltan ja plantaarifaskian vaurioihin. Yleisimpänä taustasyynä mainitaan tavalla tai toisella kehittynyt tibial posterior dysfunktio.
- Perustutkimus AINA SEISTEN KUVATTU jalkaterän rgt.

Radiologisia löydöksiä, ja mistä kuvausprojektioista etsiä niitä:

- Jalkaholvin madaltuminen:
  - sivukuva: **calcaneal pitch** (17–32° normaali)
  - sivukuva: **Mearyn kulma** (>4° pes planukseen, 15–30° kohtalainen, >30° vaikea)
- Takajalkaterän valgus
  - AP: talokalkaneaarikulma (normaali 25–45°, > 45° takajalkaterän valgus/pes planus)
  - Sivukuva: talokalkaneaarikulma (normaali 15–30°, >30° takajalkaterän valgus/pes planus)
- Etujalkaterän abduktio
  - AP: **talonavicular coverage angle** (>7° viittaa lateraaliseen subluksaatioon)
  - AP: 1MT-taluskulma (taluksen kaulan keski linja suuntautuu MT1 tyveen, ei mediaalisesti)

Natiivikuva siis hyvä perustutkimus, mutta näyttää vain jo pitemmälle edenneet, deformaivat muutokset. Magneettikuvauksesta taas nähdään alkuvaiheen muutokset ja altistavia tekijöitä: synoviitit ja tenosynoviitit, tendinoosit ja repeämät, samoin ligamenttivauriot ja rustovauriot, sekundaariset luuödeemat, alkuvaiheen Charcot.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Tuki- ja liikuntaelinradiologi, Dos, Liisa Kerttula, Pihlajalinna*

### Diabeetikon jalkaterä

Diabetesta sairastaa Suomessa n. 500 000 henkilöä, näistä suurin osa tyypin 2 Diabetesta. Huonossa hoitotasapainossa Diabetes voi altistaa mm. infektioihin, murtumiin sekä Charcot-neuroartropatiaan. Charcot-neuroartropatialla tarkoitetaan inflammatorista jalan sairautta polyneuropatiaan liittyen. Erityisen tavallisia diabeteksen liitännäissairauksia ovat jalkateräongelmat, jotka johtuvat pitkälti polyneuropatiasta ja ateroskleroosista. Viimeaikainen tutkimus on paljastanut, että neurodegeneratiivisen Charcot'n taustalla on hermojen sisäiset verisuonivauriot. Diabeettisen neuroartropatian kehittymiseen vaikuttaa todennäköisesti myös sensoristen hermojen feedbackin puuttumisesta johtuvat toistuvat havaitsemattomat traumat niveliin. Diabetekseen liittyy myös lisääntynyt riski murtumiin sekä rustojen vaurioitumisiin. Ateroskleroosi voi johtaa raajaa uhkaavaan hapenpuutteeseen.

Diabeteksen aiheuttamilla jalkaongelmilla on suuri vaikutus sekä perusterveydenhuollon että erikoissairaanhoidon kuluihin, sillä diabeettiset jalkainfektiot aiheuttavat enemmän sairaalahoitopäiviä kuin mikään muu diabeteksen komplikaatio.

Kuvantamisen rooli diabeteksen jalkateräongelmissa sekä Charcotdiagnostiikassa on pyrkiä jo varhaisvaiheessa toteamaan luurakenteen ja ryhdin muutokset ja nivelten muuttuneet asennot. Hyvätasoiset rtg-kuvat ovat edelleen olennainen osa diabetespotilaan jalkateräongelmien selvityksissä kuten pitkittyneiden ja komplisoituneiden haavaumiin liittyvissä osteomyeliittiepäilyissä sekä murtuma- ja Charcot-neuroartropatiaepäilyissä. On tärkeää ottaa jalkaterän rtg-kuva aina rasitetuna - silloin kun se vain on mahdollista. KKTT (seisten jos mahdollista) voi tarvittaessa antaa tarkempaa tietoa nivelten tilanteesta ja luurakenteesta mukaan lukien murtumista ja osteomyeliittiin liittyvistä korteksin eroosioista. Myös mahdollinen infektioon liittyvä pehmytkudosemfyseema on rtg-kuvista ja (KK)TT-kuvista hyvin nähtävissä. Aktiivin inflammatorisen vaiheen Charcot-prosessissa (KK)TT:sta ei ole mainittavaa hyötyä kliiniseen tilanteeseen nähden.

MRI on paras menetelmä osteomyeliitin varhaisessa diagnostiikassa ja näyttää hyvin myös nivelten kongruenssin ja nivelpintojen tilan. Myös pehmytösmuutokset mm. abskessineen ja mahdollisine fisteleineen ovat hyvin nähtävissä. MRI:n heikkoutena on, että se kuvaa nivelten tilanteen ainoastaan lepoasennossa. Lisäksi MRI-tutkimuksen saatavuudessa on paikoitellen liian pitkiä viiveitä.

Charcot-jalkaterän erotusdiagnoosina on usein osteomyeliitti – joskus nämä esiintyvät yhtä aikaa. Lausunnossa on syytä ottaa kantaa mahdollisen osteomyeliitin olemassaoloon. Charcot on radiologisesti haastava dg, hyvistä esitiedoista on apua ja MRI-diagnostiikkaa auttaa usein natiiviröglöydös.

Ihorikot eivät välttämättä visualisoidu hyvin kuvantamistutkimuksissa eikä lähetetiedoissakaan ole usein mainintaa niistä. Rasvahelmimerkkaus ihorikko- /fistelikohtille parantaa tulehdusmuutosten detektiota jota suositellaan käytettäväksi leiketutkimuksissa – etenkin MRI-kuvauksissa.

Charcot on pitkälle kliininen dg. Epävarmoissa tilanteissa luotettavin kuvantamismenetelmä on MRI. Oikeaan diagnoosiin pääsy mahdollisimman varhaisessa vaiheessa estää komplikaatiokierteen etenemisen. Osteomyeliitin yliagnostiikka taas johtaa tarpeettomiin ja usein kalliisiin antibioottihoitoihin. Noin 10 % Charcot-jaloista päättyy sääriamputaatioon. Kaiken kaikkiaan jalan ulseraatio on taustalla n. 85 %:ssa alaraajojen amputaatioissa.

Diabeetikon jalkaterää kuvattaessa MRI-sekvensseistä tarpeellisimmat ovat T1- ja rasvasaturoitu nesteherkkä T2-sekvenssi. STIR/muu rasvasaturoitu nesteherkkä T2-sekvenssi on sensitiivisin kuvantamissekvenssi havaitsemaan varhaisvaiheet neuropaatista artropatiaa; se detektoi hyvin luuytimen ödeeman ja myös tulehdukseen liittyvät turvotukset luurakenteiden ympärillä nivelissä ja pehmytösisissä. T1-sekvenssin arvo on ennen kaikkea osteomyeliitin arvioimisessa (Ghost-sign!). T2 dixon pitää rasvasaturaation yleensä tasaisena ja toimii myös metallien kanssa kohtalaisen hyvin. Gadolinium tehostus (T1 fat satpohjaisena) auttaa ennen kaikkea pehmytösaingfektioiden detektiossa. DiUuusioipainotteista magneettikuvausta voi



## SÄDETURVAPÄIVÄT

myös käyttää infektioepäilyissä, etenkin jos iv gd on kontraindisoitu. PET-TT on hyvä tutkimus, jos MRI jää tulehduksen suhteen epävarmaksi. PET-TT soveltuu myös potilaille, joille MRI on kontraindisoitu.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Tuki- ja liikuntaelinradiologi ja Kohonen, TYKS*

# 'Reumajalka', kuvantamistutkimukset diagnostiikan apuna

Kuvantamisessa hyvä lähete on avainasemassa, on oleellista ymmärtää miksi kuvataan. Radiologin tulisi tietää mitkä seikat ovat kliinisesti merkittäviä ja raportoida ne tavalla, jonka hoitava lääkäri ymmärtää. Jalkateräkvissa seisten otettu RTG on perustutkimus. RTG tutkimusta voi täydentää UÄ, CT/CBCT tai magneettikuvauksella (MK). Standardoidut kuvausprotokollat ja huolellisesti otetut RTG kuvat ovat tärkeitä (hyvä toistettavuus). Pienikin muutos projektiossa/keskisäteen paikassa voi saada merkittäviä eroja kuvaan. 'Reumakuvantamisessa' ns. perusprojektioiden lisäksi voidaan ottaa lisäprojektiota, esim. Meary ja Saltzman, joista luennolla lisää.

UÄ-tutkimuksessa jännetupentulehdus sekä limapussin ja nivelen nesteylimäärä näkyvät hyvin. UÄ-dopplertutkimuksella voi selvittää onko nivelessä synoviittia. Ultraääni on hyvä tutkimus spesifissä kysymyksenasettelussa, 'skreenaustutkimuksena' se on aikaa vievä.

Magneettikuvassa on erinomainen pehmytkudosten erotuskyky. Synoviitti- ja tenosynoviittimuutokset näkyvät hyvin, samoin aktiivisiin luun eroosiomuutoksiin liittyvä ödeema. T1-painotteisessa kuvassa tulehtunut synovia ja neste näkyvät tummina (niukkasignaalisina), T2-painotteisessa kuvassa kirkkaina (runsassignaalisina). Laskimoon annettavan kontrastiaineen avulla on mahdollista selvittää nivelensisäisen nesteen ja synovian keskinäinen suhde; synovia tehostuu kontrastiaineella, neste ei. Joissakin tapauksissa synoviitti on 'arvattavissa' jo natiivikuvista, vaikka synovia ja neste eivät signaaliltaan yleensä juurikaan poikkea toisistaan. Natiivikuvissa paksuuntunut synovia voi erottua heterogeenisena muutoksena nesteen joukossa, myös signaali T2-painotteisessa kuvassa voi hivenen poiketa kirkkaasta nesteen signaalista. Useimmissa tapauksissa i.v. kontrastiaineesta on kuitenkin hyötyä synoviitin arvioinnissa. Rustovauriot näkyvät MK:ssa hyvin. MK pyydetään

usein tehtäväksi silloin, kun halutaan tietää missä kaikkialla tautia on tai kun diagnoosi on epäselvä.

CT näyttää pienet luun rakenteet hyvin, esim. nivelen reunalla oleva pieni eroosio näkyy usein parhaiten CT:n avulla. Tietokonetomografiaa käytetään murtumadiagnostiikassa ja luutumisen seurannassa, jos RTG ei anna selvyttä asiaan. CT:ä hyödynnetään preoperatiivisessa suunnittelussa ja nilkan tekonivelen seurannassa. CBCT mahdollistaa seisten otetut jalkaterän CT kuvat.

Reumalääkäri tukeutuu diagnoosia tehdessään kuvantamistutkimusten lisäksi anamneesiin, statukseen sekä verikokeisiin. Käsien ja jalkaterien RTG sekä thorax ovat usein ne kuvantamistutkimukset, joista lähdetään liikkeelle.

### **Kirjallisuutta:**

Tan Dennis A et al: Comparison of findings on contrast-enhanced MRI of the hand, wrist, and foot in healthy controls, two at-risk groups, and patients with rheumatoid arthritis: a cohort study. *Lancet Rheumatol* 2025; June 13.

Den Hollander Nikolett K et al: Hand and foot MRI in contemporary undifferentiated arthritis: in which patients is MRI valuable to detect rheumatoid arthritis early? A large prospective study. *Rheumatology* 2022;61: 3963-3973.

Dakkak Yousra J et al: Rheumatoid Arthritis and Tenosynovitis at the Metatarsophalangeal Joints. *Radiology* 2020;295: 146-154.

Isbel Maxine et al: An Update on Imaging in Rheumatoid Arthritis. *Curr Treat Options in Rheum* (2020) 6:370-381.

Burke Christopher J et al: MRI of synovitis and joint fluid. *J Magn Reson Imaging*. 2019 June;49(6):1512-1527.

Baan Henriette et al: Magnetig Resonance Imaging of the Rheumatic Foot According to the RAMRIS System is Reliable. *J Rheum* 2011; 38:6: 1003-1008.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Tarkastaja Olli Ala-Mursula, STUK*

### Radiologisten tutkimusten määrät vuonna 2024

Säteilyturvakeskus järjesti kyselytutkimuksen vuoden 2024 radiologisten tutkimusten ja -toimenpiteiden määristä osana terveydenhuollon valvontaa. Kysely lähetettiin kaikille, joilla oli voimassa oleva röntgenkuvaustoiminnan turvallisuuslupa vuonna 2024. Ilmoitusten perusteella Suomessa tehtiin noin 7,0 miljoonaa tutkimusta, joista ionisoimatonta säteilyä käytettiin 1,1 miljoonassa tutkimuksessa. Edellisestä keräyksestä tutkimusmäärät kasvoivat 5,1 %, mutta pääsääntöisesti tutkimusmäärissä nähdään paluu pandemiaa edeltävään pitkän ajan kehitykseen. Väkilukuun

suhteutettuna Suomessa tehtiin 1049 röntgen-tutkimusta tuhatta asukasta kohden, johon sisältyy noin 479 röntgentutkimusta, 441 hampaiden tutkimusta, 10 varjoainetutkimusta, 115 tietokonetomografiatutkimusta ja 8 muuta tutkimusta. Suomessa havaittu tutkimusmäärien kehitys vertautuu muissa maissa tehtyihin havaintoihin, mutta tutkimusmäärissä on isoja eroja. Kyselyn tulokset antavat hyvän kuvan Suomessa tehtävien röntgentutkimusten määrästä ja tutkimusten kehityssuunnasta.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

Tarkastaja Verner Ruonala, STUK

### Vertailutasot optimoinnin välineenä

Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasolla tarkoitetaan sellaista annostasoa, jonka ylittyessä on selvitetävä ylityksen syy. Mikäli kliinisesti perusteltu syy löytyy, on vertailutason ylittäminen hyväksyttävää. Muussa tapauksessa potilasaltistusta tulisi pyrkiä optimoimaan. On tärkeää huomioida, että vertailutaso ei ole annosraja, eikä sitä tule käyttää yksittäisen potilaan säteilyaltistuksen rajoittamiseen. Vertailutasoa käytettäessä selvitetään tutkimuslaitteittain tietyn tutkimuksen keskimääräinen potilasannos, jota verrataan vertailutasoon. Vertailutason tarkoituksena on tunnistaa tutkimuslaitteet, joiden aiheuttama säteilyaltistus on poikkeuksellisen korkea. Vertailutaso asetetaan keskimääräisten annosten jakauman kolmanteen kvartiiliin.

Potilaan säteilyaltistuksen vertailutaso on säteilysuojelun näkökulmasta verrattain nuori käsite. Ensimmäiset ajatukset vertailutasoista ovat kuitenkin syntyneet jo pitkään ennen nykymuotoisia vertailutasoja. 1950-luvulla potilaan säteilyaltistuksen mittaamista harjoiteltiin sekä Euroopassa että Yhdysvalloissa. Jo tuolloin tiedettiin röntgensäteilyn riskeistä, ja erityisesti geneettisiä vaikutuksia ja leukemian esiintymistä haluttiin tarkastella. Röntgenlaitteiden välillä havaittiin suuria eroja säteilyaltistuksessa, mikä aiheutti hämmennystä käyttäjien keskuudessa. Erot johtuivat osin laitteiden teknisistä eroista ja osin mittaustekniikasta. Vielä 80-luvullakin potilaiden saamissa annoksissa saattoi olla 20-kertainen ero, vaikka kyse oli samasta röntgentutkimuksesta. Kansainvälinen säteilysuojeluyhteisö kiinnostui asiasta vasta myöhemmässä vaiheessa. Esimerkiksi ICRP:n vuonna 1990 julkaisema suositus nro 60 esittelee säteilysuojelun viitekehysten, mutta ei vielä mainitse vertailutasoja. Nykymuotoinen vertailutasojen käsite tuotiin esiin ICRP:n suosituksessa nro 73 (1996), ja samaan aikaan ne sisällytettiin eurooppalaiseen MED-direktiiviin, joka velvoitti jäsenmaita ottamaan vertailutasot käyttöön vuonna 2000.

Suomessa potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot otettiin käyttöön Säteilyturvakeskuksen päätöksellä vuonna 2000. MED-direktiivin mukaisesti. Ensimmäiset vertailutasot annettiin aikuisten tavanomaisille röntgen- ja tietokonetomografatut-

kimuksille. Tämän jälkeen Säteilyturvakeskus on antanut useita vertailutasopäätöksiä ja vuodesta 2018 alkaen vertailutasot on annettu Säteilyturvakeskuksen määräyksen liitteenä. Vertailutasojen käyttöönotto on vähintään tukenut pyrkimyksiä vähentää potilaiden saamaa säteilyannosta. Säteilyturvakeskuksessa on meneillään määräyspäivitys, jonka yhteydessä tullaan antamaan uusia vertailutasoja TT-tutkimuksiin, KKTT-tutkimuksiin, kardiologisiin tutkimuksiin ja läpivalaisuhjattuihin toimenpiteisiin. Määräyksen on suunniteltu tulevan voimaan vuonna 2026.

Vertailutasojen käyttöä voidaan perustellusti kyseenalaistaa. Onko mielekäästä verrata annoksia eri sairaaloiden välillä – jopa kansainvälisesti – kun potilasaines ja terveydenhuoltojärjestelmät voivat poiketa merkittävästi toisistaan? Toisaalta on harhaanjohtavaa asettaa vertailutasolle liian suuria odotuksia. Vertailutasoa asettaessa aineistona käytetään mahdollisimman laajaa ja laadukasta otosta potilasannoksista. Tällöin vertailutaso on realistinen vertailukohta potilasannokselle. On kuitenkin huomioitava, että vertailutasoa asettaessa vain neljännes keskimääräisistä laitekohtaisista annoksista jää vertailutason yläpuolelle. Valtaosan ei siis tarvitse ryhtyä mihinkään toimenpiteisiin vertailutason alle pääsemiseksi. Tämä täyttää alkuperäisen tavoitteen, eli pyrkimyksen havaita poikkeuksellisen korkeat säteilyaltistukset, muttei vielä takaa sitä, että tutkimus on optimoitu. Vertailutasojen lisäksi ICRP määrittelee saavutettavan tason (typical dose), jonka alapuolelle jää puolet laitteista. Saavutettava taso on otettu käyttöön myös Säteilyturvakeskuksen julkaisemissa vertailutasoissa.

Vertailutasojen käsite on määritetty aikana, jolloin tutkimusohjelmia oli saatavilla rajatusti, annostietojen saaminen ei ollut itsestään selvyytä ja niiden kerääminen tehtiin käsityönä. Nykyisin tutkimusohjelmat perustuvat yhä useammin tiettyyn kliiniseen indikaatioon ja annokset voidaan kerätä automaattisesti yhä tarkemmalla tasolla. Tämä mahdollistaa jopa tuhansien potilaiden otoskoon käyttämisen vaivattomasti, mikä tuo uusia mahdollisuuksia verrattuna perinteiseen keräykseen.



## SÄDETURVAPÄIVÄT

*Yliopistonlehtori Arttu Miettinen, Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos*

# Diagnostisten terveystieteiden maisteriohjelma – jatkotutkintoväylä röntgenhoitajille ja bioanalyytikoille

Jyväskylän Yliopisto aloittaa uuden Diagnostisten terveystieteiden maisteriohjelman, joka tarjoaa tiedeyliopistotasaisen jatkokoulutusväylän röntgenhoitajan tai bioanalyytikon koulutuksen suorittaneille. Maisteriohjelman tavoitteena on kouluttaa kriittisiä ja laaja-alaisia osaajia diagnostiikka-alan monipuoliselle työkentälle, ei pelkästään röntgenhoitajan ja bioanalyytikon tehtäviin. Koulutukseen hakeutuvilta edellytetään bioanalyytikon tai röntgenhoitajan amk-tutkintoa tai vastaavaa koulutusta. Koulutus tuottaa osaamista ja tieteellisen tason ymmärrystä, jota tarvitaan erilaisten biologisten kohteiden ja näytteiden diagnostisten analyysien suunnitteluun, toteutukseen ja kehittämiseen sekä johtamiseen. Opiskelijat sijoittuvat Matemaattis-luonnontieteelliseen tiedekuntaan, mutta opetus toteutetaan yhteistoiminnassa Liikuntatieteellisen tiedekunnan kanssa. Opiskelijat valmistuvat filosofian maistereiksi.

Maisteriohjelman rakenne on modulaarinen. Opintojen pääpilarit ovat akateeminen asiantuntijuus, johtamisen ja laatutyön asiantuntijuus, sekä diagnostisten terveystieteiden asiantuntijuus painottuen radiografiaan tai kliiniseen laboratoriotieteeseen. Nämä opintokokonaisuudet muodostuvat moduuleista, joiden sisällä on runsaasti valinnaisuutta, jolloin maisteriohjelma voidaan helposti muokata kunkin opiskelijan tarpeisiin ja kiinnostuksen kohteisiin sopivaksi.

Opetus on suunniteltu täysipäiväistä opiskelua varten ja toteutetaan pääosin lähiopetuksena, mutta etäopiskelua ja itsenäistä etätöskentelyä pyritään tukemaan mahdollisimman paljon. Lisäksi opiskelijat voivat hyödyntää Jyväskylän yliopiston avoimen yliopiston etäopetustarjontaa joillakin opintojaksoilla. Päätoimisesti opiskellen opinnot kestävät kaksi vuotta. Opinnäytetyö eli pro gradu -tutkielma tehdään yliopiston ulkopuolella tarkoitukseen sopivassa terveydenhuollon yksikössä, yrityksessä, järjestössä, tai vaihtoehtoisesti jossakin yliopiston tutkimusryhmässä, ja koulutukseen kuuluva työharjoittelu on yleensä kiinteä osa opinnäytetyötä.

Koulutukseen on mahdollista hakea ensimmäisen kerran kevään 2026 toisessa yliopistojen yhteishaussa ja sen jälkeen vuosittain ainakin neljä kertaa. Lisätietoja koulutusohjelmasta löytyy verkkosivulta <https://r.jyu.fi/diagnostiset-tervestieteet>.



# SÄDETURVAPÄIVÄT



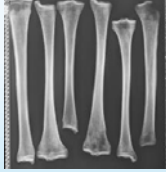
## Yhteistyön vuosikymmenet – Oulun yliopiston lääketieteellisen tiedekunnan, sairaalan ja Arkeologian oppiaineen kuvantamista hyödyntävät yhteisjulkaisut läpi vuosien

Arkeologian oppiaineen ja Lääketieteellisen tiedekunnan (OY) sekä Oulun yliopistollisen sairaalan välinen paleoradiologinen yhteistyö on viimeisten vuosikymmenten aikana tuottanut merkittävän määrän laadukasta arkeologista tutkimusta. Posterit tarjoaa katsauksen joihinkin yhteistyön päätuloksiin.

### Anatomiset ja morfologiset muutokset ja stressimarkkerit

PQCT väärtinäluun kyhmyin poikkileikkauksen, biomekaniikan ja luun mineraalitiheyden tutkimuksessa (Junno et al. 2011)

- Kotimaisen 1900-l. alun anatomisen kokeelman 54 (♂) radiusta
- Luun muokautuminen ei lisää kuoriuluun paksuutta tai luuntiheyttä kyhmyin alueella
- Ikääntyminen, fyysinen aktiivisuus ja kyhmyin koko vaikuttavat alueen biomekaniikkaan
- Luu jakautuu kyhmyin alueella hauksen vedon mukaan



PQCT ja biplaaniröntgenkuvas pitkien luiden poikkileikkausten geometrian tarkastelussa (Ruff et al. 2014)

- 1842 eurooppalaisen yksilön reisi-, sääri- ja olkaluu (33 000 eaa–1900-l.)
- Fyysisen aktiivisuuden väheneminen Neoliittiseltä kaudelta (4000–7000 eaa.) sidoksissa nykyihmisten luuston jyrkeyden vähenemiseen
- Jatkuu hiljattaisena rautakaudelle (n. 2000 eaa.)
- Syy maatalouden yleistymisen myötä lisääntynyt sedentarismi?
- Mekanisoituminen/kaupungistuminen ei merkittävä syy: ei muutosta 2000 vuoteen

PQCT ikääntymiseen liittyvän, erityisesti naisia koskevan luuntiheyden alenemisen tutkimuksessa (Korpinen et al. 2023)

- 114 yksilön 4. lannenikama ja reisiluun (Terry collection, 1800–1900-l. USA)
- Nikamien luuntiheys laskee iän myötä voimakkaammin ja ♀ reisiluun pään
- Hohkaluisissa osissa muutokset korostuvat
- Kuoriuluu ei ♀ iuri vähentynyt, ♀ muutos tilastollisesti merkittävä
- Toisin kuin nykyväestöissä, ♂ nikamissa merkittäviä muutoksia
- ♂ jatkoivat alavartalon luustontiheyttä ylläpitävissä toissa iäkkäämmiksi
- ♀ fyysisesti keveämmät mutta seisoma-asennossa tapahtuneet askareet ylläpitivät nikamien luuntiheyttä

### Pohjoiset kirkkokuumiot ja kirkkohautakontekst

Kemin kirkkoherran, Nikolaus Rungiuksen (n. 1560–1629) muumio TT-tutkimus (Väre et al. 2016b, 2017, 2018, 2019, 2020)

- TB: Pottin tauti, useat kalkkeumat jne?
- Subareolaariset kalkkeumat gynekomastiaa?
- Hammasterveys ja  $\delta^{15}N/\delta^{13}C$ -analyysit viittasivat runsasproteiiniseen ravintoon
- Sopii pohjoissuomalaiseen varhaismoderniin papiston runsaaseen ruokavalioon
- Ylipainoon yhdistetty DISH yleinen luostarihautausmaiden kaivauksilla
- DISH-lesio Rungiuksenkin rintarangassa
- Aikanaan suurikokoisen miehen muumio



Seitsemän Keminmaan vanhan kirkon ja Haukiputaan kirkon (1700- ja 1800-l) lapsenarkun TT-kuvat (Väre et al. 2015)

- Kajoamattoman virtuaalinen "3D-kaivaus" hautakonteksteille
- Havainnot vainajasta, säilyneisyydestä, vaatteista, koristeista ja niiden välisistä suhteista vahingoittamatta ainutlaatuisia perintöä
- Neljän Keminmaan kirkon lapsivainajan ikä ja heistä kahden sukupuoli suhteessa hautakoristeiden välittämiin tietoihin vastasyntyneiden hoivasta ja lasten sosiaalistamisprosesseista (Lipkin et al. 2020)

Keskiaikaisen Valmarinniemen hautausmaan ja varhaismodernien Haukiputaan kirkkohautojen tekstiililöytöjen kajoamattomat tutkimukset (Karjalainen et al. 2023; Lipkin et al. 2023)

- Tekstiilinäytteiden sisäinen rakenne, kuvioiden, lankojen, kuitujen ja valmistusmenetelmien tutkiminen tuhoamatta ja tehokkaasti
- Kliininen TT-laite: Arkun sisällön visualisointi (nukke mekkoineen)
- Tekstiililöytöjen korkearesoluutuisen kajoamaton 3D-tarkastelu
- $\mu$ CT ja kuvien segmentointi: loimi- ja kudelankojen kulku näytteessä
- Nanoscale-CT: kuitujen määritys puuvillaksi

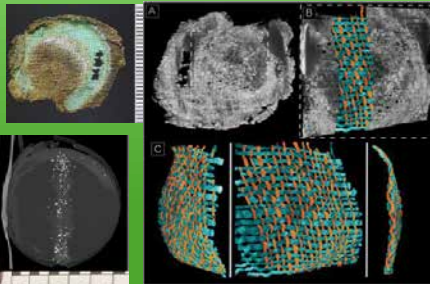
### Paleoradiologia uusien oikeuslääketieteellisten menetelmien tukena

Ruotsin Kaarle XII:n murhamysteeri (Junno et al. 2022)

- Päävammojen mallinnus ballistisella kallofantomilla ja kuvantamisella
- Kokeen liijyymus jätti haavakanavaan fragmentteja, joita ei Kaarlen röntgenkuviissa
- Ammus kovempaa metallia: tykin rautakuula-ammus?
- Kuninkaan päähinettä jäljittelevän huovan luodinreikä viittaa uskottua suurempaan ammukseen (>19,5 mm)
- Tukee arviota musketinkuulaa suuremmasta rautakuulasta
- Kuninkaan surmasi todennäköisimmin vihollisen rautaisen kartuusipallo (25 Ømm)

Ballistisen gelatiinin ja kuvantamisen hyödyntäminen oikeuslääketieteessä (Junno et al. 2024; Oura et al. 2024)

- Gelatiinin ominaisuuksien vaikutus kokeiden tuloksiin
- Ampumakanavat ja luotifragmenttien sijaintien TT:llä luoduin rekonstruktioin luotettavammin



Tiina Väre<sup>1, 2, 3</sup>, Juho-Antti Junno<sup>2, 4</sup>, Sanna Lipkin<sup>2</sup>, Petteri Oura<sup>5</sup>, Mikko A.J. Finnilä<sup>6</sup>, Mikael Brix<sup>6, 7</sup>, Ville-Pauli Karjalainen<sup>8</sup>, Niina Korpinen<sup>2</sup>, Markku Niskanen<sup>2</sup>, Jaakko Niinimäki<sup>6, 7</sup>

<sup>1</sup>Luonnontieteellinen keskusmuseon Ajoituslaboratorio, HY

<sup>2</sup>Arkeologia, OY

<sup>3</sup>Radiografian ja sädehoidon tutkimus-ohjelma, OAMK

<sup>4</sup>Translational lääketieteen tutkimusyksikkö, OY

<sup>5</sup>Oikeuslääketieteen osasto, HY

<sup>6</sup>Lääketieteen tekniikan ja terveystieteiden tutkimusyksikkö, OY

<sup>7</sup>Diagnostiikka, OYS

Stressimarkkereina käytetyt Harrisin linjojen yleisyys reisi- ja sääriluissa röntgenkuvauksen avulla (Väre et al. 2016a)

- Noin 75 % sääri- ja 36 % reisiluista lin ja Oulun keski- ja uudenaikaisissa aineistoissa
- Ankaru lapsuus?
- Aineistojen lyhyet keskipituudet: lapsuuden olosuhteet vaikuttavat pituusmaksimin saavuttamiseen
- Etiologiassa muutakin?





# SÄDETURVAPÄIVÄT

## Väestöpohjaisilla regressiomalleilla tutkimusmäärien kehittymisen ennakointiin

Lassi Hirvonen<sup>1</sup>, Oskar Çelik<sup>1</sup>, Arttu Peuna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Diagnostiset palvelut, Keski-Suomen hyvinvointialue

### Johdanto

Röntgentutkimusten tutkimusmäärät ovat olleet noususuhteisessa trendissä viimeisen vuosikymmenen aikana. Tutkimusmodalityteettien välillä voidaan kuitenkin havaita merkittäviä eroja trendien kehityksessä. Erityisesti tavanomaisten röntgentutkimusten eli "natiivitutkimusten" kysyntä on taantunut laskuun, mutta leiketutkimusten määrä on ollut huomattavassa nousussa. Lisäksi suurimpien asutuskeskusten ulkopuolella väestön vanheneminen ja väheneminen vaikuttavat tutkimustarpeen kehittymiseen ja korostavat pitkän aikajänteen palveluverkko-päätösten tekemisen tärkeyttä.

Röntgentutkimustoimintojen suunnittelemiseksi tarvitaan tulevaisuuteen katsovia ennustemalleja, joilla palvelutarvetta voidaan arvioida. Esittelemme tässä mallin, jonka avulla arvioimme röntgentutkimusten määrän kehittymistä Keski-Suomen hyvinvointialueella väestöennusteen, ikäjakauksen ja toteutuneen palvelukysynnän pohjalta.

### Metodit

Koostimme RIS-tietovarastosta nykyisellä hyvinvointialueella vuosina 2015-2024 tehdyt radiologiset tutkimukset. Tutkimukset jaoteltiin kuvausvuoden ja potilaan iän tutkimus-hetkellä perusteella yhden vuoden tarkastelu-väleihin. Väestölaskelmat ja -ennusteet ikä-ryhmittäin poimimme tilastokeskuksen tietokannasta.

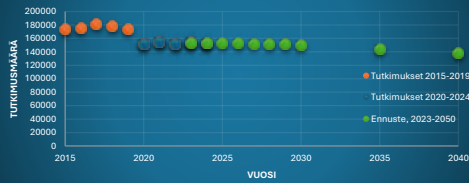
Tutkimusmäärien ja väestölaskelmien perusteella laskimme kullekin ikäryhmälle vuosittaiset suhdeluvut, jotka kuvaivat tutkimusten määrää suhteessa kyseistä ikä-ryhmää edustavaan väestöön. Muodostetuista suhdeluvuista laskimme regressiokertoimet, joiden avulla laadimme tutkimustarvetta kuvaavaan ennusteen tuleville vuosille.

Mallin testaamiseen käytimme vuosille 2020-2022 tehtyä sovitusta, jota verrattiin vuosien 2023 ja 2024 toteutuneiden tutkimusten määrään. Lopulliset ennusteet laskettiin toteuttamalla vastaava mallinnus vuosien 2020-2024 tutkimusmäärillä. Vuosittaisissa tutkimus-määrissä havaittiin merkittävä muutos vuonna 2020, joten tätä vanhemmat tutkimukset jätettiin lopullisista malleista pois.

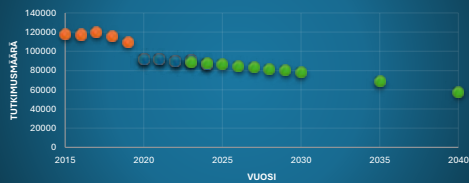
### Tulokset

Aikavälillä 2015-2024 tehtiin 1,64 miljoonaa röntgentutkimusta. Vuosittaiset tutkimus-määrät vaihtelivat 151 051 ja 181 697 tutkimuksen välillä. Tutkimustarve kasvaa selkeästi yli 50-vuotiaassa väestössä. Regressiomalli ennusti vuoden 2023 kokonaistutkimusmääräksi 152 192 ja vuoden 2024 määräksi 151 650 tutkimusta. Ennusteiden virheet toteutuneeseen nähden olivat -1,6% (-2460 tutkimusta) ja -0,4% (-678 tutkimusta). Ennusteemme perusteella radiologisten tutkimusten kokonaismäärä kääntyy lievään laskuun väestönkasvusta ja -ikäntymisestä huolimatta. Tämä selittyy erityisesti natiivitutkimusten kysynnän voimakkaalla vähenemisellä. Leiketutkimusten kysyntä sitä vastoin on selkeässä nousussa.

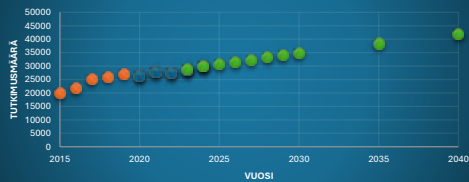
Kaikki tutkimukset: Tutkimusten määrän kehitys ja ennuste



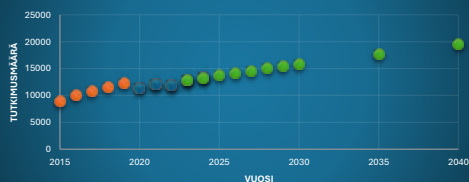
Natiivitutkimukset: Tutkimusten määrän kehitys ja ennuste



TT-tutkimukset: Tutkimusten määrän kehitys ja ennuste



MRI-tutkimukset: Tutkimusten määrän kehitys ja ennuste



### Yhteenveto

Laadittu malli mahdollistaa röntgentutkimustarpeen kehittymisen arvioinnin väestön ikääntymisen ja väestöennusteen kehittymisen huomioiden. Ennustemallin avulla voimme aiempaa tarkemmin arvioida tutkimuskysynnän kehittymistä ja palveluiden taroituksenmukaisemmin kohdennettua resursointia hyvinvointialueellamme. Yhdistettynä tilannekuvaan laiteinvestointien suunnittelusta, palveluverkko-muutoksista ja käytettävistä olevista henkilöstöresursseista ennusteet mahdollistavat toimipistekohtaisen toiminnan suunnittelun keskipitkällä aikavälillä. Tulokset pohjautuvat kuitenkin tämänhetkiseen tietouteen radiologisista tutkimuksista ja niiden kysynnästä, ja merkittävät, esimerkiksi teknologiset tai poliittiset, muutokset toimintaympäristössä aiheuttavat suurta epävarmuutta pitkän aikavälin ennusteisiin.



Lisätietoja: arttu.peuna@hyvaks.fi  
Esitys: to klo 12:40 @ Pieni sali



# SÄDETURVAPÄIVÄT



## Lasten rintakehän röntgentutkimusten alustava optimointi useilla eri laitteilla



Anna Kelaranta<sup>1\*</sup>, Jani Saunavaara<sup>1,2</sup>, Matti Hanni<sup>3</sup>, Antti Kotiaho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Suomen Terveystalo Oy

<sup>2</sup> Turun yliopistollinen keskussairaala

<sup>3</sup> Oulun yliopistollinen sairaala

\*anna.kelaranta@terveystalo.com



### JOHDANTO

Tutkimuksen tavoitteena oli yhdenmukaistaa lasten rintakehän röntgentutkimusten kuvausarvot yli 50 tavanomaisessa röntgenlaitteessa, sekä kehittää helposti sovellettava menetelmä myös muualla käytönnettäväksi.



Kuva 1. Al-ekaluokkalaiset koulun pihalla. Sama ikä, eri koko!

### MATERIAALIT JA MENETLMÄT

Kokeneet radiologit (2 kpl) hyväksyivät kuvanlaadun valituille referenssilaitteelle tietyissä painoluokissa oleville lapsille optimoiduilla kuvausarvoilla ja -asetuksilla ottaen huomioon STUKin asettamat vertailutasokäyrät ja saavutettavissa olevat annostasokäyrät<sup>1</sup>.

Konversio kertoimet mAs-normalisointia varten laskettiin huoltoraporteista saatujen säteilytuototietojen avulla.

Radiologin kuvanlaatuapulauteen perusteella laskennallisiin mAs-arvoihin tehtiin ja tehdään tarvittaessa hienosäätöä.

Mittausno	Käytetty	Säteilytuotto (µSv/mAs)
Käytetty	Arvo (µSv)	Arvo (2021)
20	110,00	110,00
50	221,12	221,11
80	331,42	331,31
110	441,72	441,21
140	552,02	551,71
170	662,32	662,01
200	772,62	772,31
230	882,92	882,61
260	993,22	992,91
290	1103,52	1103,21
320	1213,82	1213,51
350	1324,12	1323,81
380	1434,42	1434,11
410	1544,72	1544,41
440	1655,02	1654,71
470	1765,32	1765,01
500	1875,62	1875,31

Kuva 2. Laitteiden säteilytuototiedot eri kv-arvoille otettiin huoltoraporteista.

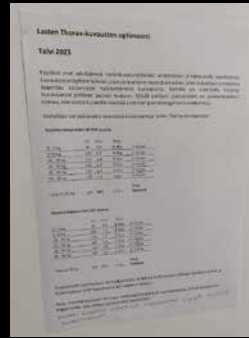
Konversio kerroin (120 kV):  $\frac{\text{Referenssilaitteen säteilytuotto (120 kV):lla ihmisen läiskäannostausta}}{\text{Käytettylaitteen säteilytuotto (120 kV):lla ihmisen läiskäannostausta}} = \frac{130 \mu\text{Sv/mAs}}{100 \mu\text{Sv/mAs}} = 1,3$

### TULOKSET

Tyypillisesti mAs-käsiarvojen normalisoinnissa on käytetty konversio kertoimia välillä 1,0–1,5. Saman valmistajan laitteille konversio kertoimet ovat olleet 1,0–1,2. Optimoiminen tuloksena käytännössä kaikkien laitteiden annoksiin sovitettuja käyriä olivat vuonna 2024 alle STUKin vertailutasokäyrien, ja osalla suoradigilaitteista päästiin myös alle saavutettavissa olevien annostasokäyrien.



RAJAUS



Kuva 3. Suositellut kuvausarvot erään toimipaikan laitteelle.

### JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuvatun menetelmän on osoitettu olevan helposti sovellettava ja tehokas lähestymistapa lasten rintakehän röntgentutkimusten alustavaan optimointiin. Tämä viittaa siihen, että kuvattu menetelmä voitaisiin ottaa käyttöön myös muualla. Alustavan optimoinnin jälkeen optimoinnin tulisi jatkua vielä tarkemmalla laitekohtaisella optimoinnilla.

### ARTIKKELI AIHEESTA

Kuvattu menetelmä ja sen tulokset on esitelty tarkemmin aiheesta kirjoitetussa tieteellisessä artikkelissa<sup>2</sup>.



HILA



KVAUSETÄISYYS



kv, mAs, SUODATUS, FOKUS

### VIITTEET

1. MÄÄRÄYS STUK S/4/2019. Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. Annettu Helsingissä 4.4.2019. Saatavilla osoitteessa: <https://www.stuk.fi/fi/stuk/S-4-2019.pdf>.

2. Kelaranta Anna, Saunavaara Jani, Hanni Matti and Kotiaho Antti. Preliminary optimization of paediatric chest X-ray examinations across a fleet of devices. Accepted for publication in Radiation Protection Dosimetry as a OXMI2025 Special Issue on the 14<sup>th</sup> of September 2025. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncaf116>

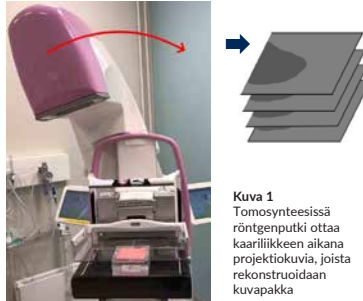


## TOMOSYNTESIIN LAADUNVALVONTA

Venla Repo<sup>1,2,3</sup>, Päivi Teerimäki<sup>2</sup>, Arttu Miettinen<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Jyväskylän yliopisto, <sup>2</sup>Keski-Suomen hyvinvointialue, <sup>3</sup>Etelä-Savon hyvinvointialue

**Työryhmä:** Mimmi Liukkonen, Anna Kelaranta, Hannele Niinviita, Jyrki Ruohonen, Verner Ruoona, Joanna Sierpowska, Tuomo Starck, Anne-Mari Vitikainen  
**Yhteistyössä:** STUK, Siemens Healthineers, laitevalmistajien edustajat, hyvinvointialueet

**Tomosynteesin** eli ns. 3D-mammografian (kuva 1) käyttö on yleistynyt, mutta sille ei ole kansallisesti vakiintuneita laadunvalvontakäytänteitä. Työn tavoitteena oli laatia tomosynteesille kansallinen suositus, jonka avulla laadunvalvontaa voidaan toteuttaa kattavasti ja yhtenäisesti. Suosituksen perustana käytettiin kansainvälisiä laadunvalvontasuosituksia [1-3], olemassa olevia 2D-mammografian laadunvalvontamenetelmiä, sekä laitevalmistajien ohjeita, joista valittiin sopivat menetelmät asiantuntijatyöryhmän arvioiden ja testauksen perusteella.



**Kuva 1**  
Tomosynteesissä röntgenputki ottaa kaariliikkeen aikana projektioita, joista rekonstruoidaan kuvapakka

### ANNOSAUTOMATIikka (AEC)

- Lyhytaikainen toistettavuus:** Varmistetaan toistomittauksella AEC:n toiminta.
- Pitkäaikainen toistettavuus:** Tarkastellaan AEC:n valitsemaa kuvausarvoa pitkällä aikavälillä.
- Paksuuskompensatio:** Tarkistetaan AEC:n toiminta ja kontrasti-kohinasuhde eri paksuisille kuvauskohteille.

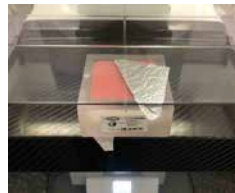
### KUVANLAATUTESTIT

- Kuvan tasaisuus ja virheettömyys:** Tarkistetaan kuvanlaatu tasaisesta kohteesta artefaktien varalta.
- Kuvanlaadun vakioisuus:** Arvioidaan kuvanlaatu esimerkiksi ACR-fantomilla.
- Mittakaavavirheet:** Verrataan kuvutun kohteen mittoja todellisiin mittoihin kolmella eri korkeudella.
- Kuvautuvan tilavuuden tarkistus:** Arvioidaan, kuvautuvatko pohjimmaiset ja päällimmäiset kohteet terävinä (kuva 2).
- Z-resoluutio:** Mitataan kuvista kohteen jäljen leviäminen syvyyssuunnassa (kuva 3).
- XY-resoluutio:** Tarkistetaan viivaparikuvion avulla tason paikkaerotuskyky.

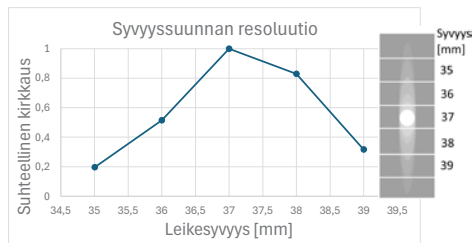
### SÄTEILYTYSOMINAISUUDET

- Säteilyn ja kuva-alan ulottuvuus:** Tarkistetaan rintakehän puolelta säteilykeilan ulottuvuus ja kuvautuvan alueen ulottuvuus.
- Annosnäytön oikeellisuus:** Tarkistetaan, että annosnäytön lukema vastaa mitattua annosta.
- Kuvausaika:** Tarkistetaan säteilytyksen kesto.

**Kuva 2 (oik.)**  
Esimerkki tilavuustestistä: kuvasta tarkistetaan, kuvautuvatko fantomin päällä ja alla sijaitsevat foliot terävinä.



**Kuva 3 (alh.)**  
Z-suunnan resoluutiotestissä tarkkaillaan fantomin sisäisen pistemäisen kohteen näkyvyyttä leikesyvyiden funktiona.



### JOHTOPÄÄTÖKSET

Tomosynteesille laadittiin kansallinen laadunvalvontasuositus, joka sisältää 12 testiä ja niiden suoritusohjeet, esimerkit käytetyistä välineistä, suositellut suoritusvälit ja korjausraajat. Testit on tarkoitettu perinteisen 2D-mammografian laadunvalvonnan rinnalle. Opas tullaan julkaisemaan STUK-opastaa -sarjassa vuodenvaihteessa 2025-2026.

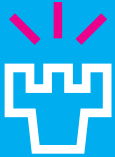
[1] European Federation of Organisations for Medical Physics, Quality control in digital breast tomosynthesis (DBT), EFOMP protocol, 2023

[2] R.E. van Egen ym., Protocol for the quality control of the physical and technical aspects of digital breast tomosynthesis systems, European Reference Organisations for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (Euref), 2018

[3] E. A. Berns ym., Digital mammography quality control manual, American College of Radiology (ACR), 2018



# SÄDETURVAPÄIVÄT



UNIVERSITY OF OULU

## Putkivirran modulaatio pienentää potilasannosta ja parantaa kuvanlaatua: simulaatiotutkimus

Tero Hyvärinen, Samuel Onnela, Timo Liimatainen, Matti Hanni ja Mikael Brix Lääketieteen tekniikan ja terveystieteiden tutkimusyksikkö, Lääketieteellinen tiedekunta, Oulun Yliopisto

### Johdanto

Kartiokeilatietokonetomografian (KKT) käytön yleistyminen huolimatta [1-3], kuvausmodaliteetissa ei vielä hyödynnetä samoja kuvanlaatua ja potilasannosta optimoivia tekniikoita, kuin perinteisessä tietokonetomografiassa (TT) [4-6]. Tässä tutkimuksessa simuloitiin automaattista putkivirran modulaatiojärjestelmää (ATCM) KKT:ssä käyttäen hyväksi diagnostisesta kuvauslaitteesta saatavaa raakadataa.

### Materiaalit ja Menetelmät

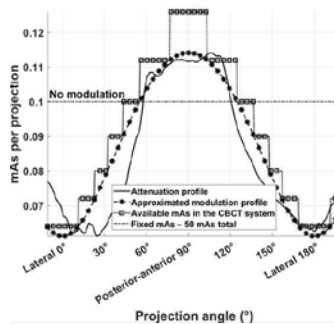
Kehitimme MATLAB (R2024b) -ympäristössä intensiteetin ja kohinan välisen matemaattisen mallin:

$$\sigma(I) = a \cdot I^d \cdot e^{bI} + c$$

- Parametrit  $a, b, c, d$  määriteltiin empiirisesti PMMA-levyjä kuvaten (80, 100, 120 kV; FOV 17 x 17 cm, 10 x 17 cm).
- Malli kuvaa attenuoidun detektorisignaalin ja kuvan kohinan välistä suhdetta.
- Antropomorfinen fantomien kuvauksissa, käytimme mallia laskeaksemme laskea riittävän putkivirran jokaiselle projektiolle vakioidulla kohinatasolla.
- Kuvista valittiin kiinnostusalue, josta mitattiin kohinataso.
- mAs -tasot modulaatiota varten interpoloitiin PA ja LAT -scouteista käyten ellipsimallia.
- Ennaltamääritetyistä fantomikuvauksijarjostosta valittiin optimaalinen projektioko kulumaa kohtaan kohinan mukaan (Kuva. 1).

### Fantomit

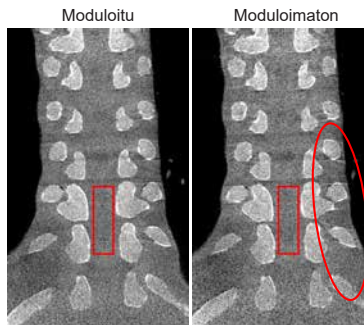
- Menetelmää arvioitiin seuraavien fantomien avulla:
  - Homogeeninen fantomi kohinan laadun tarkastelemiseksi.
  - Antropomorfinen kallofantomi (Whole Body Phantom "PBU-50", Kyoto Kagaku Co., Ltd., Kyoto, Japan) leuan kuvaukseen.
  - Pediatrisen torsofantomi (Whole Body Phantom "PBU-70", Kyoto Kagaku Co., Ltd., Kyoto, Japan) rintakehän ja rintarangan kuvaamiseen.
- Fantomit kuvattiin diagnostisella KKT-laitteella (Planmeca Viso G7)
- Moduloituiden ja moduloimattomien datasetit rekonstruoiattiin MATLAB FDK (Ram-Lak filter, Parker weighting) -algoritilla.
- Kohinaa arvioitiin
  - Keskijajonnan, sekä
  - Normalisoidun kohina-tehospektrin avulla.
- Annossuuret:
  - dose area product (DAP)
  - Efektiviäns annos (arvioitiin Monte Carlo -simulaation avulla (PCXMCRotation v2.0, STUK, Finland)).



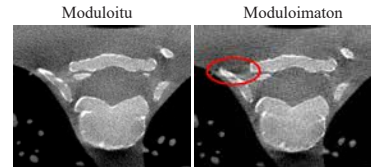
Kuva 1. Putkivirran modulaatioprofiili torsofantomille. Moduloimaton valotus 100 kV:lla johtaa ekvivalenttiin kuvakohinaan suuremmalla annoksella.

### Tulokset

- Ekvivalentilla kohinatasolla, putkivirran modulaatio pienensi
  - DAP:ta 7–17%:lla (Taulukko 1)
  - Efektiviäns annosta 2–20%:lla (Taulukko 1).
- Suurin annossäästö ja artefaktien heikkeneminen havaittiin rintarangan kuvauksessa, kun taas edut leuan ja hampaiston kuvauksessa havaittiin vähäisemmiksi.
- Kohinatespektri säilyi muuttumattomana.
- Modulaatio kohensi luiden näkyvyyttä ja heikensi fotonistarvaaton aiheuttamia artefakteja (Kuvat 2 ja 3).



Kuva 2. Koronaalileikkeet (ikkunointi: [-500, 700] HU). Kiinnostusalueita merkitty punaisella laskeilla: 165 HU (moduloimaton) ja 158 HU (moduloitu). Samoin annokset: DAP: 1685 vs. 1687 cGy cm<sup>2</sup>. Punainen ellipsi korostaa raita-artefakteja, jotka ovat selkeästi näkyvässä moduloimattomassa rekonstruktiossa.



Kuva 3. Aksiaalileike (ikkunointi: [-500, 700] HU). DAP: 1652 vs. 1687 mGy cm<sup>2</sup> moduloitulle ja moduloimattomalle rekonstruktioille, vasemmanlaakale. Fotonistarvaaton aiheuttama artefakti on heikentynyt modulaation seurauksena.

Leuka ja hampaisto					
Putkijännite	Annossuure	Mod	Modton	Muutos	
80 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	2513	2305	-8.3%	
	Ef. Annos [mSv]	0.188	0.173	-8.8%	
100 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	2723	2518	-7.7%	
	Ef. Annos [mSv]	0.246	0.227	-7.3%	
120 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	2682	2487	-7.3%	
	Ef. Annos [mSv]	0.256	0.240	-7.0%	
Rintakehä					
80 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	2513	2271	-9.6%	
	Ef. Annos [mSv]	1.71	1.69	-2.1%	
100 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	2459	2270	-7.7%	
	Ef. Annos [mSv]	1.92	1.76	-8.6%	
120 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	2350	2115	-10.0%	
	Ef. Annos [mSv]	1.96	1.76	-10.6%	
Rintaranka					
80 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	1111	926	-16.6%	
	Ef. Annos [mSv]	0.623	0.505	-18.9%	
100 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	1102	914	-17.1%	
	Ef. Annos [mSv]	0.693	0.556	-19.7%	
120 kV	DAP [mGy·cm <sup>2</sup> ]	1170	972	-16.9%	
	Ef. Annos [mSv]	0.781	0.636	-18.5%	

Taulukko 1: DAP:n (mGy cm<sup>2</sup>) ja efektiivisen annoksen (mSv) vertailu moduloitulle ja moduloimattomalle KKT-tuloksella.

### Johdopäätökset

- Scout-kuvien perustuvalla automaattisella putkivirran modulaatiojärjestelmällä saavutettiin 7–17%:n (DAP) ja 2–20%:n (effective dose) annossäästö KKT:ssä.
- Modulaatio säilyttää kohinan magnitudin ja laadun (mNPS)
- Fotonistarvaaton aiheuttamat artefaktit heikkenivät merkittävästi.
- Fantomitutkimus puoltaa putkivirran modulaation tutkimista kliinisessä ympäristössä potilasdatalta.

### Viteloitelo

- [1] E. Parvaski, K. Anki, J. H. Sieversten, and S. S. Thangyigitman, "Technical aspects of dental cone-beam CT: A review of the art," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 44, p. 20180224, 10 2014.
- [2] M. K. Dixon, J. E. Long, E. S. Varley, A. Wynn, K. Fink, and F. A. Fligg, "Cone-beam CT of the temporomandibular joint: A review of the literature," *RadioGraphics*, vol. 44, no. 3, p. e20143, 2014. PMID: 24821913.
- [3] H. C. Ahk, C. Chang, Y. Xu, J. Oghin, T. Oishi, and E. Kaya, "Use of cone beam computed tomography in otolaryngologic treatments," *European Archives of Otorhinolaryngology*, vol. 269, no. 3, pp. 711–720, 2012.
- [4] T. H. Mathews, P. Bellink, M. Baeyert, D. Glyson, X. Van Dijk, E. Mussen, C. Ventermas, and J.-J. Terroote, "Use of an automatic exposure control mechanism for dose optimization in multi-detector row CT examinations: Clinical evaluation," *Radiology*, vol. 237, no. 1, pp. 215–223, 2005. PMID: 16126917.
- [5] M. J. Willemink and P. H. N. T. "The evolution of image reconstruction for CT: from filtered back projection to artificial intelligence," *European Radiology*, vol. 29, no. 5, pp. 2185–2195, 2019.
- [6] M. A. K. Jantunen, A. O. Kotilainen, M. T. Nieminen, and S. I. Isaksson, "Optimizing iterative reconstruction for quantification of calcium hydroxyapatite with photon counting flat-detector computed tomography: a cardiac phantom study," *Journal of Medical Imaging*, vol. 8, no. 5, p. 051002, 2021.
- [7] Tapiovaara, M. and Siikonen T. PCXMC: A PC-Based Monte Carlo Program for Calculating Patient Doses in Medical X-Ray Examinations. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, 1997. Print.

### Tunnetuksi

Tutkimuksen rahoittajat: Oulun yliopisto, Oulu-yliopiston MITILAB-tutkimuslaboratorio (osa OuluHealthin Oulu-ympäristöä). Kirjoittajat kiittävät osuutta ja kulttuurirahoitusta tutkimustyön tukemiseksi "Mathematics of Sensing, Imaging and Modelling" -teesta. Tutkimusta tukivat myös Suomen Akatemian laipuvuutuuksella (PAME - Flagship of Advanced Mathematics for Sensing, Imaging and Modelling, operaatio 359186) ja Business Finland -raha 809531/2022.



## Tiedettä arktisella asenteella





# SÄDETURVAPÄIVÄT

## PTG asettelun kuvanlaatu vaihtelee hoitajien kesken

### Sokkotesti fantomilla 3/2025 Kainuun hyvinvointialueella

Maritta Timonen, Röntgenhoitaja, Kainuun HVA (maritta.timonen@kainuu.fi)

Panoraamatomografia (PTG) on keskeinen diagnostinen tutkimus hammaslääketieteessä. Kuvan laatu riippuu erityisesti potilaan asettelusta, mikä voi aiheuttaa vaihtelua myös kokoneiden röntgenhoitajien työssä. Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida hoitajien välistä vaihtelua asettelun onnistumisessa kontrolloidussa testissä fantomin avulla.



#### Metodit ja laitteet

- Käytössä oli Oulun yliopiston hammaslääketieteen laitokselta lainattu Erler-Zimmer pää- ja kaularankafantomi, joka sisältää aikuisen ihmisen kallon ja kaularangan valettuina läpinäkyvään muoviin. Fantomi kiinnitettiin kuvausta varten kolmijalan päälle, joka sallii kallistukset eri suuntiin ja jonka asento on lukittavissa.
- Kuvauslaitteena toimi Kainuun hyvinvointialueen Planmeca ProMax 2D hammaskuvauslaitteet.
- 28 röntgenhoitajaa suorittivat kuvauksen itsenäisesti fyysikko Jarkko Iivarisen valvonnassa. Kuvausarvot ja leuan muodon valinta oli vakioitu, joten vain fantomin ja laserien asettelu vaikutti kuvanlaatuun.



#### Arviointi

- Hammaskuvauslaitteen vastuuhoitaja arvioi kuvat olemassa olevien hyvän kuvan kriteerien mukaan.
- Lisäksi oikomishoidon erikoishammaslääkäri Tuula Komulainen, kliinisen hammashoidon erikoislääkäri Maiju Varimo sekä suuradiologi Anniina Sipola tarkastelivat kuvia ja antoivat niistä oman arvionsa.

#### Tulokset

- Kukaan ei onnistunut täydellisesti, mutta kukaan ei myöskään epäonnistunut täysin.
- Onnistumisten vaihteluväli oli 2-8 kriteeriä.
- Parhaiten onnistui: kova suulaki hampaiden juurien yläpuolella sekä lievästi hymyilevät kasvot
- Haastavinta oli: tasainen etualueen tummuus muuhun kuva-alaan verrattuna ja kuvan kontrasti ilman puolieroja, ei tarpeetonta summautumista.
- Paras kuva sai 28 pistettä ja toiseksi paras 26 pistettä. 6 kuvaa saavutti 25 pistettä.
- Kuva katsottiin uusittavaksi jos se sai alle 5 pistettä/arvioija.
- Hammaskuvauslaitteen vastuuhoitaja arvioi kuvia kaikista kriittisimmän ja olisi hylännyt 12 kuvaa eli 43% otetuista kuvista.
- Toinen erikoishammaslääkäreistä olisi arvioinnissaan hylännyt 11 kuvaa (39%) ja toinen 6 kuvaa (21%). Suuradiologi puolestaan olisi hylännyt vain 4 kuvaa (14%)
- 28 kuvasta 13 oli sellaisia jotka kaikki neljä kuvaa arvioinutta henkilöä olisivat hyväksyneet. Puolestaan vain yksi kuvista oli sellainen jotka kaikki neljä arvioijaa olisivat hylänneet.

#### Yhteenveto

- Vaikka kuvausolosuhteet olivat vakioitua ja asettelu täsmällisempää läpinäkyvän muovin avulla, hoitajien välillä havaittiin merkittäviä eroja asettelun onnistumisessa.
- Tulokset korostavat asettelun merkitystä kuvanlaadulle ja osoittavat lisäkoulutuksen tarpeen.
- Systemaattinen arviointi ja palaute voivat edistää yhtenäisempää laatua kliinisessä työssä.

Hylkääjät (0-4)	Kpl	%-osuus kaikista kuvista
0	13	46
1	4	14
2	5	18
3	5	18
4	1	4



## Putkonen View – Too Much Technique or Not Enough?

Comparing Image Quality and Dose Between Diverse Radiographic Techniques for Two Shoulder Views: A Phantom Study

Inga-Maarit Takalo, Well-being services county of Päijät-Häme  
For Advanced Master's Studies in Clinical Radiography

### INTRODUCTION

Dose creep = Increased patient doses caused by radiographers adjusting radiographic technique upward to appease radiologists [1]. **This phantom study aims to:**

- **DETERMINE** if standard Putkonen shoulder view techniques (Table 1) are within set diagnostic reference levels (DRLs) and below achievable doses (ADs) [2, 3].
- **ASSESS** dose creep in new upright Putkonen view versus traditional lateral recumbent view (Fig 1).
- **EXPLORE** potential dose reduction while maintaining physical image quality using three experimental beam hardening techniques: two based on earlier studies and “new 25% rule” devised for this study (Table 2).

Table 1. Standard radiographic techniques of lateral recumbent Putkonen view and upright Putkonen view.

STANDARD TECHNIQUE (ST)	kVp	mAs
Lateral recumbent Putkonen view	70	8
Upright Putkonen view	72	12,5

Table 2. Experimental radiographic techniques compared to standard techniques.

EXPERIMENTAL TECHNIQUE	kVp cf. ST	mAs cf. ST
10 kVp rule [4]	+ 10	× 0,5
Modified 10 kVp rule [5]	+ 10	× 0,25
New 25% rule	× 1,25	× 0,25

### MATERIALS & METHODS

The phantom's humerus was x-rayed (Kyoto Kagaku CTU-41; Philips 7300C). Incident air kerma (Ki; Piranha multimeter), dose area product (DAP; KermaX-plus SDP), entrance surface dose (ESD; derived using Ki and backscatter factors [6]), and effective dose (ED; PCXMC) were determined. **Contrast-to-noise ratio** was calculated from unprocessed images (CNR; Fiji/FeatureJ) using two ROIs (Fig 2) [7]. **Figure of merit** (FOM, measuring image quality independent from dose) was derived from CNR and ESD [8]. **Exposure and Deviation Indexes** (EI, DI) were recorded from processed images.



Fig 2. Unprocessed and processed x-rays with two ROIs: bony ROI (center of humerus) and anatomical background.

### REFERENCES

- [1] Williams et al. (2007). *JACR* 4 (6), 371-388.
- [2] Hart et al. (2012). *HPA-CRCE-034*.
- [3] Schlegeler et al. (2019). *RoFo* 191 (08).
- [4] Schueler. (1998). *Radiographics* 18 (3).
- [5] Wenman & Lockwood. (2024). *Radiography* 30 (2).
- [6] Meghizfene et al. (2010). *EJRAD* 76 (1).
- [7] Bushberg. (2021). ISBN-13: 9781975103224.
- [8] Samei et al. (2025). *RPD* 114 (1-3).

### CONTACT INFORMATION

inga-maarit.takalo@paijathata.fi

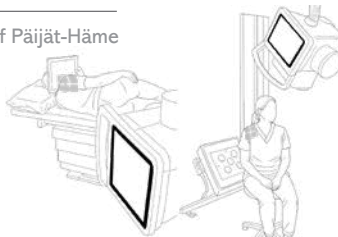


Fig 1. Patient positioning for traditional lateral recumbent Putkonen view (LRPV) and new upright Putkonen view (UPV).

### RESULTS

ESD, DAP, ED of LRPV and UPV standard techniques below set DRLs and ADs (Fig 3). **Clear evidence of dose creep in UPV versus LRPV (135% mean ESD increase).** For **modified 10 kVp rule** ESD reduction (62,3%,  $p < 0,05$ ) and FOM highest; EI decreased most (53,4%) and DI furthest from DI = 0 (-2; -2,5) (Table 3; 4). For **new 25% rule** ESD reduction (50,7%,  $p < 0,05$ ) and FOM second highest; EI decreased less (30,9%) and DI closest to DI = 0 (-0,3; -0,8) (Table 3; 4).

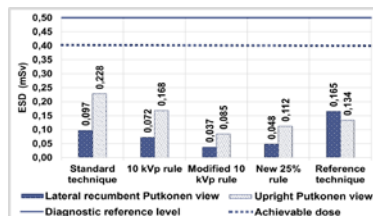


Fig 3. Mean entrance surface doses of all radiographic techniques measured in both patient positions.

Table 3. Mean image quality attributes of all radiographic techniques measured in upright patient position.

TECHNIQUE	CNR	FOM	EI (t = 250)	DI (t = 0)
Standard technique	13,39	790	298	+ 0,8
10 kVp rule	12,97	1002	278	+ 0,5
<b>Modified 10 kVp rule</b>	<b>12,92</b>	<b>1964</b>	<b>139</b>	<b>-2,5</b>
<b>New 25% rule</b>	<b>12,48</b>	<b>1390</b>	<b>206</b>	<b>-0,8</b>
Reference technique	13,62	1394	164	-1,8

Table 4. Mean image quality attributes of all radiographic techniques measured in lateral recumbent patient position.

TECHNIQUE	CNR	FOM	EI (t = 250)	DI (t = 0)
Standard technique	13,56	1925	334	+ 1,3
10 kVp rule	12,96	2332	319	+ 1,1
<b>Modified 10 kVp rule</b>	<b>12,55</b>	<b>4257</b>	<b>156</b>	<b>-2,0</b>
<b>New 25% rule</b>	<b>12,22</b>	<b>3110</b>	<b>231</b>	<b>-0,3</b>
Reference technique	13,13	1045	594	+ 3,8

### LIMITATIONS & CONCLUSIONS

- 1st limitation: smaller FOV versus clinical practice
- 2nd limitation: no subjective image quality analysis

**Evidence of significant dose creep in upright view versus lateral recumbent view.** Modified 10 kVp rule and new 25% rule **both promising optimization techniques.** Further research needed with **more views, systems, subjective image quality analysis** before introducing the optimal technique to clinical practice.



## Onko annoskeräyksissä 10 potilaan otanta riittävä?

**Johdanto:** Vertailutasolla tarkoitetaan sellaista potilaalle aiheuttavaa säteilyaltistusta, jota suurempi altistuksen ei oleteta olevan normaalikokoiselle potilaalle hyvän käytännön mukaan tehdyssä tutkimuksessa tai toimenpiteessä. Keskimääräinen säteilyaltistus määritetään annoskeräyksen avulla vähintään 10 normaalkokoisen potilaan otuksen mediaanina. Kyseisen mediaanin tulisi alittaa STUK:n asettaman vertailutason. Annoskeräykselle asetetut rajoitte voi olla

esimerkiksi lisämääre potilaan iälle, painolle tai rinnan paksuudelle. Annokset potilaiden välillä ja siten myös suppean ja laajan annoskeräyksen tulokset voivat erota merkittävästi toisistaan. Erityisesti suppean keräyksen kohdalla sattuman merkitys korostuu. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella toteutuneiden potilasannosten avulla satunnaistettujen annoskeräysten laatua otannan koon suhteen.

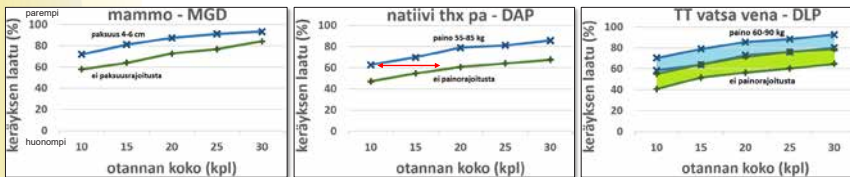
**Materiaali ja menetelmät:** Annoskeräysohjelmistosta (Radimetrics) tallennettiin yliopistollisen ja keskussairaalan eri laitteilla aikuisten TT-, natiivi- ja mammografiatutkimusten annostietoja sisältäen myös joko potilaan painon tai kuvutun rinnan paksuuden. Kerättyjen annostietojen aikaikkuna pyrittiin pitämään lyhyenä ja samalla annosten lukumäärä mahdollisimman suurena. Tutkimuksista arvioitiin tietokonetomografian (TT) vatsa vena, natiivin keuhkot PA ja mammografia. Kukin aineisto jaettiin rajoittamattomaan ja rajoitettuun joukkoon. Rajoitetun joukon kriteereinä olivat TT:ssä paino 60–90 kg, natiivissa paino 55–85 kg ja mammografiassa puristetun rinnan paksuus 4–6 cm. Aineistojen (N=706...12741) avulla simuloitiin

sattumanvaraisia 10-30 säteilyannoksen laajuisia annoskeräyksiä. Jokaista annoskeräystä simuloitiin 1000 kertaa. Simuloitujen annoskeräysten ja koko aineistoista laskettujen mediaanien avulla tarkasteltiin, kuinka todennäköisesti simuloitujen keräysten mediaanit ovat edustavia eli lähellä koko joukon mediaania. Annoskeräyksen "laatu" oli siten todennäköisyys sille, että suppean keräyksen mediaani on riittävän lähellä koko joukon mediaania Yksittäinen annoskeräys luokiteltiin laadukkaaksi, jos sen mediaani erosi enintään 10% koko aineiston mediaanista. Lopulta määritettiin kaikille tarkastelluille röntgentutkimuksille annoskeräyksen laatu otantakoon funktiona.

**Tulokset:** Rajoittamattomassa mammografian joukossa rinnan paksuus oli -4% ja MGD rauhaskudoksen -1% verrattuna rajoitettuun joukkoon. Samoin rajoittamattomassa natiivin keuhkojen PA kuvien joukossa potilaan paino oli +9% ja DAP annos +9%, sekä rajoittamattomassa TT:n vatsa vena kuvien joukossa potilaan paino oli +5% ja DLP annos +6%.

Tyypillisillä rajoitteilla 10 potilastutkimuksen kokoinen annoskeräys oli keskimäärin 66% todennäköisyydellä laadukas (vaihteluväli 58...72%). Ilman rajoitteita sama laatu

saavutettiin tyypillisesti 20 annoksen otannalla (ka. 66%, vaihteluväli 56...73%). Rajoitetun annoskeräyksen otoskoon nostaminen tasolle 20 parantaisi keräyksen laatua merkittävästi (ka. 82%, vaihteluväli 73...88%). Simuloitujen annoskeräysten mediaanien välillä on suuria eroja, sillä tuhannen annoskeräyksen joukon maksimi voi olla useita kertoja suurempi kuin minimi. Rajoitetuissa aineistossa 10 annoksen keräysten pienimmän ja suurimman mediaanin ero oli suurimmillaan 2,4-kertainen, mutta rajoittamattomassa aineistossa jopa 4,1-kertainen.



**Kuvat.** Kolmen eri röntgentutkimuksen simuloitun annoskeräyksen laatu otannan koon funktiona. Kuvissa on esitetty rajoitetut (puristetun rinnan paksuus tai potilaan paino) sekä rajoittamattomat joukot. Vasemmassa mammografian (1 laite), keskellä natiivin thorax PA (1 laite) ja oikealla TT:n vatsa vena (3 eri laitetta) tulokset.

### Yhteenveto:

- TT-tutkimuksissa painon ja mammografiassa rinnan paksuuden keräys on rutiinia tai automatisoitu, mutta natiivikuvantamisessa painon tiedustelu ja kirjaus annoskeräystä varten voidaan kokea kuormittavana.
- Jos painotietoja ei ole saatavilla, otoskokoa kasvattamalla on mahdollista saada tehtyä kohtuullisen laadukas annoskeräys, mutta tulosten tulkinnoissa on hyvä olla varovainen.
- Annoskeräysten yleisen otoskokovaatimuksen kasvatus tasolle 20 voisi olla perusteltua, sillä pienen otannan tulos rajoitetussakin joukossa voi olla vain 60% todennäköisyydellä edustava.
- Tutkimuksen aineistoa tullaan laajentamaan jatkossa sisältämään useiden sairaaloiden laitteita sekä uusia modalleitteja kuten esim. kardiologian.

### Lähdeuutelo:

- STUK Määräys S/4/2019, Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilyosuuslun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa.



Jarkko Iivarinen, erikoissairaala fyysikko, FT Kainuun HVA / Pohde  
jarkko.iivarinen@kainuu.fi  
@pohde.fi

040 179 7703





# SÄDETURVAPÄIVÄT

## Kohdennetuilla interventioilla kardiologien toimenpidealtistukset minimiin

Oskar Çelik<sup>1,2</sup>, Markku Eskola<sup>2</sup>, Arttu Peuna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Diagnostiset palvelut, Keski-Suomen hyvinvointialue

<sup>2</sup>TAYS Sydänkeskus Oy

### Johdanto

Toimenpidekardiologille kuvantaohjatuista toimenpiteistä aiheutuva työperäistä säteilyaltistusta seurataan jatkuvasti mittaamalla henkilödosimetriin kertyvää  $H_p(10)$  -syväannosta, jonka mittayksikkö on mSv. Toimenpiteissä potilaan lääketieteellinen säteilyaltistus ei ole suoraan mitattavissa, mutta yleisesti käytetty potilasannoksen indikaattori on annoksen ja pinta-alan tulo, eli DAP (dose-area-product). Korrelaatiota toimenpiteen tekijän altistuksen ja potilaan altistuksen välillä on tutkittu aikaisemmin, mutta näyttää siltä mikä vaikuttaa niiden väliseen  $H_p(10)/DAP$  -suhteeseen on niukasti.

TAYS Sydänkeskus Oyn (Sydänsairaala) dosimetriannosten vuosittaisessa katsauksessa huomattiin toimenpideyksiköiden välillä eroja dosimetriannoksissa, vaikka vertailussa tekijäkohtaiset toimenpidemäärät ja potilasaltistukset olivat suuruusluokaltaan samat. Tämän seurauksena pyrittiin selvittämään kohonneiden dosimetriannosten syy ja käynnistettiin toimia työperäisen altistuksen pienentämiseksi.

Vaikka teoriassa säteilysuojelukoulutuksen ja oikein käytettyjen lyijysuojien tulisi pienentää röntgentoimenpiteitä tekevien lääkäreiden altistusta, ei kyseisten suojelutoimenpiteiden toivuudesta ei ole juurikaan tutkimusta näyttöä käytännössä. Tässä tutkimuksessa esitämme kuinka toimenpidekardiologien  $H_p(10)/DAP$  -suhde muuttui noin kahden vuoden aikana, kun käyttöön otettiin eri keinoja säteilyaltistuksen vähentämiseksi.

### Metodit

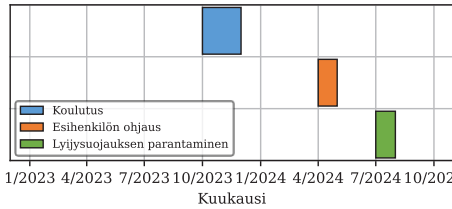
Tutkimus toteutettiin yhdessä Sydänsairaalan toimenpideyksiköistä. Tutkimuksen data kerättiin ajalta 1/2023 – 10/2024 ja pitää sisälleen kuuden (6) kardiologin  $H_p(10)$  -dosimetriannokset sekä niiden mittausaikavälit, toimenpiteet sekä toimenpiteiden aikaleimat ja DAP:t. Tutkimusajaksella toimenpideyksikön laitekannassa tai toimintaympäristössä ei tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Tutkimuksen aikana toteutettiin kolme säteilyaltistuksen pienentämiseksi kohdennettua interventiota, jotka toteutettiin yksi toisensa jälkeen tarkasteluajanjakson aikana.

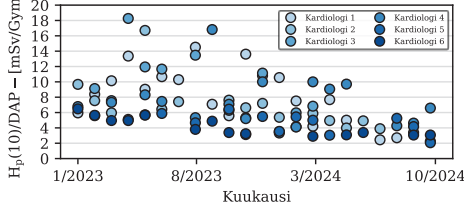
Ensimmäinen interventio oli viiden (5) päivän käytännön koulutus, jossa konsultti-fysiikko antoi kardiologille toimenpiteiden aikana reaaliaikaista palautetta siitä, kuinka turhalta altistukselta vältytään. Toinen interventio oli esihenkilön palaute ja ohjaus. Toimenpideyksikön ylilääkäri, kokenut toimenpidekardiologi, keskusteli kardiologien kanssa yksitellen henkilökohtaisen säteilysuojelun tärkeydestä ja antoi neuvoja sen toteuttamiseksi. Kolmas interventio oli toimenpidesalin lyijysuojauksen kehittäminen. Auditoinnin yhteydessä huomattuja puutekohtia suojauksessa pyrittiin korjaamaan asentamalla sovitut lyijylamellit toimenpidepöydän reunan.

Interventioiden jälkeen kaikille kardiologille laskettiin retrospektiivisesti koko seurantarantajan ajalta suhteellinen altistus, eli samoilta mittausaikaväliltä kertyneet  $H_p(10)$  -syväannokset suhteutettiin toimenpiteistä kertyneeseen DAP:iin.

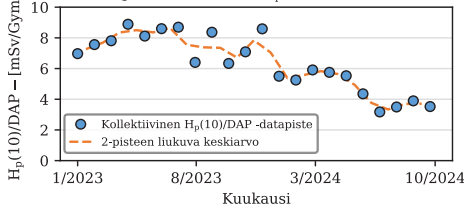
Interventioiden aikajana



Kardiologien  $H_p(10)/DAP$  kuukausittain



Kardiologien kollektiivinen  $H_p(10)/DAP$  kuukausittain



### Tulokset

Tarkastelujakson aikana  $H_p(10)/DAP$  -suhde pieneni lähes kaikilla kardiologeilla ja kollektiivisesti on havaittavissa laskeva trendi (Spearmanin korrelaatio  $\rho = -0,82$ ;  $p < 0,001$ ). Tarkastelujakson ensimmäisten viiden (5) kuukauden keskimääräinen kollektiivinen  $H_p(10)/DAP$  -suhde oli 7,9 mSv/Gym<sup>2</sup>, kun taas viimeiseltä viideltä (5) kuukaudelta vastaava luku oli 3,7 mSv/Gym<sup>2</sup>. Tämä tarkoittaa noin 53 % pienempää työperäistä säteilyaltistumista suhteessa käytettyyn säteilyn määrään. Kardiologien välinen hajonta kuukausittaisessa  $H_p(10)/DAP$  -suhteessa pieneni, ja arvot konvergoituivat matalammalle tasolle. Tarkastelujakson ensimmäisen viiden (5) kuukauden aikana yksittäisten kardiologien  $H_p(10)/DAP$  -suhde vaihteli välillä [5,0 mSv/Gym<sup>2</sup> - 18,3 mSv/Gym<sup>2</sup>] ja vaihteluvali tarkastelujakson viimeiseltä viideltä (5) kuukaudelta oli [2,1 mSv/Gym<sup>2</sup> - 6,6 mSv/Gym<sup>2</sup>]. Kardiologien tekemien toimenpidetyyppien jakauma ei muuttunut tarkastelujakson aikana.

### Yhteenveto

Kohdennetut interventiot, kuten koulutus, esihenkilön ohjaus ja lyijysuojauksen parantaminen vähensivät kardiologien työperäistä altistusta suhteessa heidän käyttämäänsä säteilyn määrään.  $H_p(10)/DAP$  -suhde on toimenpidekardiologiassa hyödyllinen suure henkilökohtaisen säteilysuojelun mittaamiseen, koska se suhteuttaa kardiologin altistuksen käytettyyn säteilyn määrään. Tämä mahdollistaa vertailua toimenpiteiden tekijöiden kesken, sekä mahdollisesti yleisempien vertailutasojen laatimisen toimenpidekardiologiassa.

Paikalla: TO 12:00 - 12:30  
PE 10:20 - 10:50



Lisätietoja: oskar.celik@hyvaks.fi



## SÄDETURVAPÄIVÄT

### Retrospektiivinen arvio 3D-kattokameran vaikutuksesta potilaiden keskittämiseen vartalon TT-tutkimuksissa



Ari-Petteri Ronkainen, ari-petteri.ronkainen@pshyvinvointialue.fi, sairaalafysikko, PSHVA kl. radiologia

#### Johdanto

Kuopion yliopistolisessä sairaalassa otettiin käyttöön 5/2023 Siemensin TT-laitteisto, joka oli varustettu potilaiden keskittämisen automatisaatioon tarkoitettulla 3D-kattokameralla. Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella, miten potilaiden asettelu on muuttunut kattokameran käyttöönoton jälkeen.

#### Menetelmät

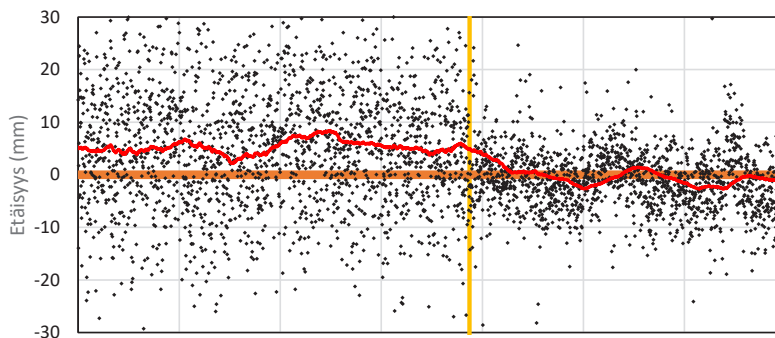
Potilaiden (n = 8648) keskittämisen onnistumista TT-laitteen keskipisteeseen vartalon alueen TT-kuvauksissa tarkasteltiin annoskeräysjärjestelmään tallentuvien DICOM-kenttätietojen avulla ennen (n = 6437) ja jälkeen (n = 2211) automaattisen 3D-kattokameran käyttöönoton.

#### Tulokset

Potilaat aseteltiin ilman kameraa keskimäärin 5.66 mm (SD ± 6.83 mm) liian alas. Kameralla aseteltuna potilaat olivat keskimäärin 0.63 mm (SD ± 6.62 mm) liian alhaalla. Yli 10 mm heittoja asetelussa tapahtui enemmän ilman kameraa (25.5% potilaista), verrattuna kameran kanssa (12.8% potilaista).

#### Johtopäätökset

Automaattinen asettelukamera paransi potilaiden asettelua, sekä vähensi huomattavasti yli 10 mm heittoja asetelussa.



**Kuva:** Kuvapakan etäisyys laitteiston keskipisteestä vartalon TT-kuvauksissa ennen ja jälkeen 3D-kameran käyttöönoton. Kuvassa esitetty yksittäiset havainnot mustilla pisteillä. Kattokamera otettu käyttöön keltaisen pystyviivan kohdalla. Punainen sovitus näyttää liukuvan keskiarvon (ikkuna 255 näytettä). Kameran käyttöönoton jälkeen keskitys on ollut systemaattisempaa visuaalisestikin.





30/10/2025

## Dental CBCT Under Scrutiny: Revealing Gaps in Patient Dose Optimization Practice

Hugo Trindade<sup>a</sup>, Chibuzor Toivo Mark Eneh<sup>b\*</sup>, Mona Lisa Camilleri<sup>c</sup>, Eirini Tsaggaris<sup>d</sup>, Paddy Gilligan<sup>e</sup>, Ruben Pauwels<sup>f</sup>

<sup>a</sup> Inflixo Portugal, Lisbon, Portugal  
<sup>b</sup> Department of Medical Physics, Turku University Hospital and University of Turku, Turku, Finland  
<sup>c</sup> Mater Dei Hospital, Medical Imaging Department - Medical Physics, The Gun Karm, Msida, Malta  
<sup>d</sup> Copenhagen Imaging ApS, Herlev, Denmark  
<sup>e</sup> Mater Misericordiae University Hospital, Dublin 7, Ireland  
<sup>f</sup> Department of Dentistry and Oral Health, Aarhus University, Aarhus, Denmark



Kyötohoon CC BY-SA

Contact: chibuzor.eneh@tyks.fi

### Introduction

Cone Beam Computed Tomography (CBCT) is increasingly used in dental imaging due to its ability to produce high-resolution 3D images. However, CBCT delivers significantly higher radiation doses than conventional techniques, raising concerns about patient safety. Especially the increase of CBCT units in private practices outside traditional radiology departments may further increase the collective radiation burden. The lack of harmonized Diagnostic Reference Levels (DRLs) across countries complicates dose optimization and comparison.

### Methods

The survey targeted 58 professionals across 34 countries, not restricted to Europe, and focused on official DRL documentation issued by regulatory or authorized bodies, including legislation, technical guidelines, and scientific publications involving more than ten CBCT units.

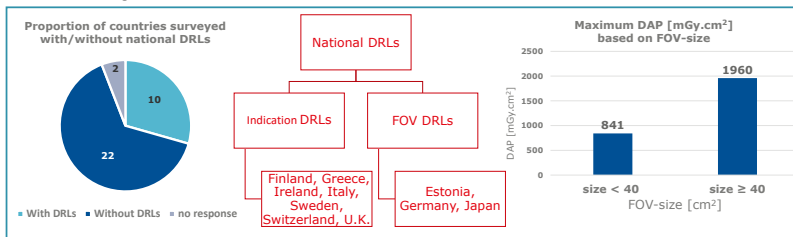


### Aim

This work reviews existing national DRLs for dental CBCT, drawing from recent scientific and grey literature, and a survey conducted among members of the 'Dental Imaging' Special Interest Group (SIG) of the European Federation of Organizations for Medical Physics (EFOMP). Additionally, the work proposes strategies for harmonization and standardization of dose metrics and field-of-view definitions.

### Results

Ten countries had established national DRLs for dental CBCT: Finland, Germany, Ireland, Italy, UK, Sweden, Japan, Estonia, Switzerland, and Greece. Twenty-two countries, including the USA, France, and Portugal, had not yet implemented DRLs, while no response or information was obtained about Lebanon or Brazil. Two broad categories were identified: clinical indications (e.g., implantology, endodontics), and field-of-view (FOV)-based DRLs, defined by imaging region size (e.g., small: area  $\leq 25$  cm<sup>2</sup>, medium: area 25 cm<sup>2</sup> to 100 cm<sup>2</sup>, and large: area  $>100$  cm<sup>2</sup>). National DRLs for dental CBCT are most frequently established for small FOV sizes, typically  $\leq 25$  cm<sup>2</sup>. This trend likely reflects both the prevalence of small FOV usage in clinical practice and the fact that many common clinical indications—such as implant planning, periapical pathology, and ectopic teeth—are adequately addressed using small FOVs. DRL values for  $\leq 40$  cm<sup>2</sup> FOVs consistently remain below 850 mGy·cm<sup>2</sup>, while higher dose-area product (DAP) values are associated with FOVs exceeding 40 cm<sup>2</sup>. These larger FOVs are generally reserved for less frequent indications, including orthognathic surgery and full jaw imaging, which require broader anatomical coverage.



### Conclusion

The findings highlight the limited adoption of national DRLs for dental CBCT and the variability in how they are reported. This inconsistency hampers international comparisons. Greater collaboration among dental professionals and regulatory bodies is needed to harmonize DRLs for common dental imaging procedures, facilitating cross-country benchmarking and improved patient safety.

The results were published this year in *Physica Medica* (<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2025.105072>).

### References

- Buchanan A. Cone beam computed tomography: What's left to know? *J Prosthet Dent.* 2023 Feb;129(2):241-242. doi: 10.1016/j.prosdent.2023.01.001. PMID: 36805096.
- Jain A, Shil M, Sreeradhra C, Rai S, Kaur J, Banka A. A Review on Cone-Beam Computed Tomography and its Application in Dentistry. *J Pharm Bioallied Sci.* 2024 Feb;16(Suppl 1):S38-S40. doi: 10.4103/jpbs.jpbs\_741\_23. Epub 2023 Nov 7. PMID: 38595423; PMCID: PMC11008085.
- Siiskonen T, Gallagher A, Ciraj Bjelac O, Novak L, Sans Merce M, Farah J, Dabin J, Malchair F, Knežević Ž, Kortesiemi M. A European perspective on dental cone beam computed tomography systems with a focus on optimisation utilising diagnostic reference levels. *J Radiol Prot.* 2021 Jun 1;41(2). doi: 10.1088/1361-6498/abd605. PMID: 33461178.
- Council Directive 2014/2013/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/ Off. J. Eur. Union L13 1-73.
- EC 2012 Radiation protection no. 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology—evidence based guidelines (Luxembourg: European Commission).



# SÄDETURVAPÄIVÄT

## Kuvausjännitteen ja potilaskoon vaikutus säteilyn sirontaan tietokonetomografiassa

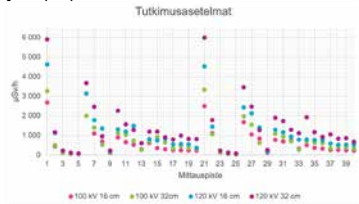
Eeva-Maija Järvi<sup>1</sup>, Viljami Sairanen<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup> Kanta-Hämeen hyvinvointialue <sup>2</sup> Helsingin yliopisto

Kanta-Hämeen keskussairaala | Oma Häme

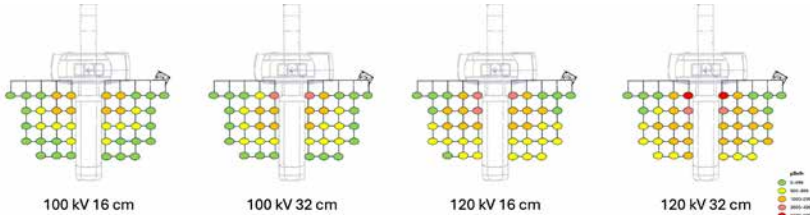
### JOHDANTO

Tietokonetomografiatutkimusten (TT) määrä kasvaa jatkuvasti, mikä lisää säteilyaltistusta potilaille ja tutkimushuoneessa työskentelevälle henkilökunnalle<sup>[1]</sup>. Siroava säteily on merkittävä ammatillisen altistuksen lähde, ja sen hallinta on olennainen osa säteilysuojelua<sup>[4]</sup>. Kuvasuunnittelun vaikutusta potilaan säteilyaltistukseen on tutkittu laajasti, kun taas TT-tutkimushuoneen sirontaa on tutkittu vähän ja pääosin antropomorfisia fantomeita käyttäen<sup>[1,2]</sup>. CTDI-fantomit tarjoavat standardoidun ja vertailukelpoisen mittaussasetelman sekä laajan käytettävyyden<sup>[6]</sup>.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten kuvausjännitteen (100 kV vs. 120 kV) ja potilaskokoa simuloivan CTDI-fantomin koon (16 cm vs. 32 cm) vaihtelu vaikuttavat säteilyn sirontaan TT-tutkimushuoneessa, ja siten edistää säteilysuojelun kehittämistä sekä henkilökunnan säteilyturvallisuutta. Tutkimus toteutettiin osana YAMK-opinnäytetyötä.<sup>[3]</sup>



Kuva 1. Neljän tutkimusasetelman säteilyannosnopeudet (Järvi 2025).



Kuva 2. Neljän tutkimusasetelman säteilyannosnopeudet visualisoituna sirontakartoiksi TT-laitteen eteen (Järvi 2025).

### TULOKSET

Tulokset havainnollistavat säteilyn sirontaprofiilin muutoksia TT-tutkimushuoneessa, jotka johtuvat fantomin koosta ja käytetystä kuvausjännitteestä. Tämä vaihtelu korostaakin säteilyn sironnan riippuvuutta tutkituista olosuhteista ja mittauspisteiden sijainneista (kuva 1. ja 2.)

#### KUVAUSJÄNNITTEEN VAIKUTUS

- Nostaminen 100 kV→120 kV lisäsi sirontaa 77–85 %
- Vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ( $F = 72.734$ ,  $p < 0.001$ )
- Kuvasuunnittelun vaikutus oli suurempi kuin fantomin koon vaikutus

#### FANTOMIN KOON VAIKUTUS

- Suurempi fantomi (32 cm vs. 16 cm) lisäsi annosnopeutta noin 25–35 %
- Tilastollisesti merkitsevä ero ( $F = 11.138$ ,  $p < 0.001$ )

#### SIRONTAPROFIILI

- Epäsymmetrinen jakauma
- Sironta voimakkainta gantryraukan läheisyydessä
- Vähenee selvästi etäisyyden kasvaessa

### MATERIAALIT JA MENETELMÄT

#### TUTKIMUSASETELMA

- Kvantitatiivinen mittaustutkimus
- Neljä tutkimusasetelmaa:
  - 100 kV 16 cm
  - 100 kV 32 cm
  - 120 kV 16 cm
  - 120 kV 32 cm

#### MITTAUKSET

- 40 mittauspistettä TT-laitteen etualalla (ruudukkomalli)
  - 1–20 vasen puoli, 21–40 oikea puoli
- Mittauskorkeus: 150 cm lattiasta
- Jokaisessa pisteessä: 5 toistomittausa/ tutkimusasetelmaa
- Yhteensä n=880
  - 80 varsinaista mittausta
  - 80 uusintamittausta (luotettavuuden varmistamiseksi)

#### LAITTEISTO JA VÄLINEET

- Siemens Somatom Edge Plus TT-laite
  - Kuvasuunnittelun parametrit: 100 kV / 120 kV, 60 mAs, 0,5 s., 1 x 5 mm, HandCARE pois, 0°
- CTDI-fantomi: 16 cm ja 32 cm
  - Asettelu isosentriin TT-pöydälle
- RTI Scatter Probe - säteilymittari + teline
  - Mitattu suure: annosnopeus ( $\mu\text{Sv/h}$ )

#### AINEISTON ANALYYSI

- Graafinen tarkastelu: mittauspisteiden mediaaniarvot
- Tilastollinen analyysi: ANOVA (kuvasuunnittelun ja fantomin koon vaikutusten arviointi)

### JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuvausjännitteen ja potilaskoon huomioiminen on keskeistä säteilysuojelussa. Pienempi jännite ja potilaskohtaiset parametrit vähentävät sirontaa merkittävästi, edistäen henkilökunnan säteily- ja työturvallisuutta.

Sironta oli voimakkainta gantryraukan läheisyydessä, väheni etäisyyden kasvaessa ja oli alhaisinta laitteen sivuilla suojaavien rakenteiden ansiosta. Tämä korostaa etäisyyden, tietoisuuden ja tilasuunnittelun merkitystä turvallisen sijoittumisen kannalta TT-tutkimushuoneessa.

Tulokset korostavat suunnitelmallisen säteilysuojelun merkitystä TT-toiminnassa, tukevat aiempaa tutkimusnäyttöä ja tarjoavat käytännön tietoa kliinisen toiminnan suunnitteluun sekä henkilökunnan säteilysuojelukoulutukseen, vaikka CTDI-fantomilla mitatut arvot eivät suoraan vastaa todellisia työolosuhteita.

### LÄHTEET

- [1] Anon. s. ym. (2023). Utility of lower tube voltage scans in reducing exposure of healthcare workers within computed tomography room to scattered radiation. *Radiation Protection Dosimetry*, 199(19), 2338–2343.
- [2] Chen, s. ym. (2021). Variation in tube voltage for pediatric neck 64VCT: Effect on radiation dose and image quality. *PLoS One*, 16(11), e0259772.
- [3] Järvi, E. M. (2025). Säilytys sironta tietokonetomografiassa: kuvausjännitteen ja potilaskoon vaikutus läheisyydenopeuteen. *Opinnäytetyö*.
- [4] Nakatani, M. ym. (2022). Radiation Exposure and Protection in Computed Tomography Fluoroscopy. *International Radiology*, 7(2), 49–51.
- [5] Ruuska, V. (2022). Radiologian tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2021. *Terveydenhuollon aikoneuroman*.
- [6] Wagner, M. ym. (2023). Classification of phantoms for medical imaging. *Proceedia CIRP*, 119, 1140–1145.



## Röntgensäteilyn puoliintumispaksuuden mittaamenetelmien vertailu

Viivi Valkama<sup>1</sup>, Paula Toroi<sup>2</sup>, Niko Kiiskinen<sup>3</sup>, Carita Lindholm<sup>2</sup>, Jaroslav Šolc<sup>4</sup>, Jouni Uusi-Simola<sup>3</sup>, Touko Kaasalainen<sup>3</sup>, Joonas Tikkanen<sup>2</sup>, Jenna Tarvonen<sup>3</sup>, Mika Korttesniemi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Helsingin yliopisto, <sup>2</sup>Säteilyturvakeskus, <sup>3</sup>HUS, <sup>4</sup>Czech Metrology Institute

### Tutkimuksen tavoite

Röntgenkuvantamisessa käytetty säteilylaatu sekä säteilyspektri vaikuttavat potilaan säteilyaltistukseen. Spektri voidaan mitata spektrometrillä, mutta kliinisessä käytössä olevan röntgenlaitteen mittaukset ovat melko haastavia sekä kuluttavat paljon aikaa, eivätkä siten ole toimiva ratkaisu käytännön käyttötarpeisiin. Tämän vuoksi säteilyspektriä ja -laatua kuvataan usein yksinkertaisemmin yhdellä suurella: säteilyn puoliintumispaksuudella (half-value layer, HVL).

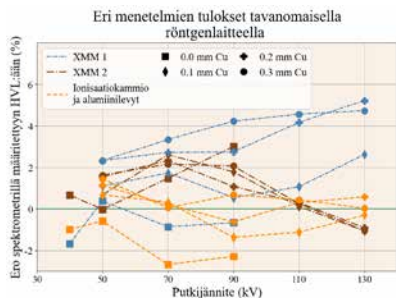
Sairaaloiden säteilymittauksissa on yleistynyt puoli johdeperusteiset säteilymittarit, joita kutsutaan nimellä XMM (X-ray multimeter) [1]. XMM:t pystyvät arvioimaan röntgensäteilyn puoliintumispaksuutta yhden säteilytyksen perusteella. Tämän tutkimuksen tavoitteena on vertailla eri menetelmillä saatavia arvioita HVL:lle sekä arvioida XMM:llä saatavien tulosten luotettavuutta.

### Materiaalit ja menetelmät

Neljä erityyppistä HVL:n määrittämistapaa – mittaukset spektrometrillä, laskennallinen menetelmä [2], ionisaatiokammioita ja alumiinilevyjä käyttävä menetelmä sekä mittaukset XMM:llä – testattiin HUS Helsingin yliopistollisessa sairaalassa kliinisellä röntgenlaitteella. Mittauksissa käytettiin eri säteilylaatuja vaihtamalla putkijännitteitä ja lisäsuodatuksia. Mittaukset tehtiin käyttäen kahta röntgenkuvantamislaitetta: C-kaarta ja tavanomaista projektiokuvauslaitetta. C-kaarellä mittaukset tehtiin ilman potilaspöydän sekä potilaspöydän kanssa. Ionisaatiokammioita ja alumiinilevyihin perustuvalla menetelmällä, laskennallisella menetelmällä ja XMM:llä saatuja tuloksia vertailtiin spektrometrin mittastuloksiin.

### Tulokset

Ionisaatiokammioita ja alumiinilevyjä käyttävä menetelmä vei paljon aikaa, mutta menetelmällä saatujen tulosten erot spektrometrillä saatuihin tuloksiin olivat keskimäärin 1 % luokkaa. XMM:llä saaduissa tuloksissa oli merkittävimpiä eroja spektrometrin tuloksiin käytettäessä suuria energioita sekä paksuja kuparisuodatuksia (Kuva 1), ja näillä laaduilla saatujen tulosten poikkeama oli suurempi kuin valmistajan ilmoittama tarkkuus. Muutoin XMM:n tulokset olivat hyviä, ja eroavaisuudet spektrometrin tuloksiin olivat 2 % luokkaa keskimäärin. C-kaaren potilaspöydällä ei ollut huomattavaa vaikutusta XMM:n

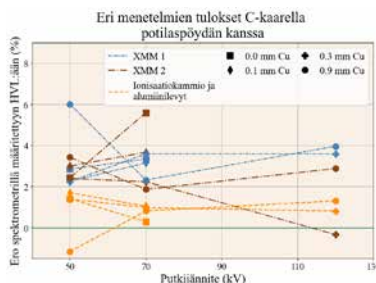


**Kuva 1:** Tavanomaisella röntgenlaitteella mitatut HVL-arvot käyttäen useaa eri säteilylaatuja ja HVL:n arviointimenetelmää. Osoittimien muoto kertoo käytetyn kuparisuodatuksen ja väri käytetyn menetelmän. Tulokset on suhteutettu samalla röntgenlaitteella saatuihin spektrometrin tuloksiin.

tuloksien tarkkuuteen (Taulukko 1 ja Kuva 2). Laskennallisessa menetelmässä haasteeksi nousi, ettei säteilykeilassa olevia materiaaleja sekä niiden paksuuksia tunneta tarkasti, mikä vaikutti tulosten tarkkuuteen. Tulokset on vedetty yhteen taulukossa 1.

**Taulukko 1:** Eri menetelmillä saatujen HVL-arvojen maksimi erot spektrometrillä saatuihin tuloksiin projektiokuvauksessa ja C-kaarella potilaspöydän kanssa ja ilman.

Asetelma	XMM 1	XMM 2	Ionisaatiokammio ja alumiinilevyt	Laskennallinen menetelmä
Projektiokuvaus	5.2%	3.0%	2.7%	10.9%
C-kaari, pöytä	6.0%	5.6%	1.7%	12.5%
C-kaari, ei pöytä	7.4%	5.9%	1.3%	14.8%



**Kuva 2:** Eri menetelmillä saadut HVL-arvot verrattuna spektrometrillä saatuihin HVL-arvoihin C-kaarella potilaspöydän kanssa useilla eri säteilylaaduilla. Osoittimien muoto kertoo käytetyn kuparisuodatuksen ja väri käytetyn menetelmän.

### Johtopäätökset

Perinteinen ionisaatiokammio menetelmä ja spektrometrimitaus antavat tarkemmat tulokset, mutta ovat työläitä. Laskennalliset menetelmät taas saattavat olla epätarkeitä, jos säteilykeilassa olevia materiaaleja ja niiden paksuuksia ei tunneta tarkasti. XMM:llä saatavat tulokset HVL:lle ovat tarpeeksi tarkkoja yleisimpiin käyttötarpeisiin. Mikäli XMM-mittareita käytetään niiden kalibrointiosuhteiden ulkopuolella, on varmistettava mittarien toiminnan oikeellisuus. Kuitenkin tutkimuksessa XMM:llä saadut tulokset olivat riittävän lähellä muilla menetelmillä saatuja tuloksia.

### Lähteet

[1] Ivana Komatina et al. "Calibration services for X-ray multimeters in Europe: current situation and future needs". In: Physica Medica 136 (2025), p. 105055. issn: 1120-1797.

[2] Gavin Poludniowski et al. "Technical Note: SpekPy v2.0—a software toolkit for modeling x-ray tube spectra". In: Medical Physics 48.7 (2021), pp. 3630–3637.



## RÖNTGENHOITAJIEN KOKEMUKSET VAPAA-AJAN VAIKUTUKSESTA TYÖHYVINVOINTIIN

Ulla Koppelomäki  
Kliininen asiantuntija YAMK-  
opiskelija, Oulun  
ammattikorkeakoulu

### 1. Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tarkoituksena oli kuvailla röntgenhoitajien kokemuksia vapaa-ajalla tapahtuvan toiminnan vaikutuksista työhyvinvointiin. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa ja lisätä ymmärrystä röntgenhoitajien vapaa-ajalla tapahtuvista toiminnan valinnoista ja niiden vaikutuksista työhyvinvointiin.

### 2. Materiaali ja menetelmät

Laadullisen tutkimuksen aineisto kerättiin puolistrukturoiduilla teemahaastattelulla Satasairaalan Kuvantamisen kahdeltatoista (n=12) röntgenhoitajalta yksilöhaastatteluina Microsoft Teams- sovelluksella maaliskoukokuussa 2025. Osallistujiksi haettiin sekä vuoro- että päivätyötä tekeviä röntgenhoitajia. Haastattelun kysymykset perustuivat aiemman tutkimuksen teemoihin. Haastatteluaineisto analysoitiin induktiivisella sisällönanalyysillä.

### 3. Tulokset

Osallistuneista röntgenhoitajista 11 oli naisia ja 1 mies. Osallistuneiden keski-ikä oli 40,8 vuotta ja heidän työkokemuksensa pituuden keskiarvo 16,2 vuotta. Alustavista tuloksista voidaan päätellä röntgenhoitajien huomioivan työssäjaksamisen näkökulman vapaa-ajan valinnoissaan valitsemalla ne vapaa-ajanviettotavat, jotka toimivat kulloisenakin hetkenä toivotusti. Esim. työpäivän sosiaalisuuden vastapainona yksinolo, liikunta, lepo sekä läheisten kanssa vietetty aika auttavat jaksamaan työssä sekä fyysisesti että psyykkisesti. Autonominen työvuorosuunnittelu tukee tutkimuksen mukaan työhyvinvointia mahdollisuudella suunnitella vapaa-ajan toimintaansa henkilökohtaisten mieltymysten ja tarpeiden mukaan.

### 4. Johtopäätökset

Röntgenhoitajien vapaa-ajan toimintaa ohjaa valinnan vapaus tehdä asioita, jotka tuottavat hyvää mieltä, toimivat palauttavana toimintana edistäen työssä jaksamista. Autonominen työvuorosuunnittelun mahdollistama työn ja vapaa-ajan suunnittelu edistää työhyvinvointia antaen mahdollisuuden huomioida yksikölliset palauttavan vapaa-ajan tarpeet.

OAMK





## RapidArc-kaarihoitojen automaattinen laadunvarmistus

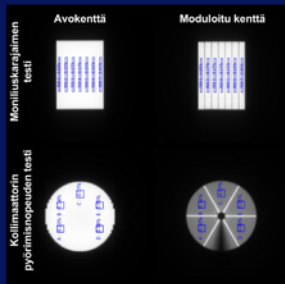
Santeri Rytky<sup>1,2</sup>, Sakari Karhula<sup>1,2</sup>, Sami Arffman<sup>1,2</sup>, Juha Nikkinen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Oulun Yliopistollinen Sairaala, Pohjois-Pohjanmaan hyvinvointialue

<sup>2</sup>Lääketieteellinen tiedekunta, Oulun yliopisto

### Motivaatio

- Amerikan sairaalafysikkoyhdistyksen (AAPM) suosituksen mukaan kaari- ja intensiteetti-moduloitua sädehoitoa antavilla laitteilla annoksen dynaaminen säätely on testattava kuukausittain
- Testikuvissa (**Kuva 1**) muutetaan annoksen, kanturin ja moniliuskarajaimen nopeutta
- Moduloidun- ja avokentän keskimääräinen poikkeama on tyypillisesti  $< 1.5\%$
- Vuonna 2024 julkaistussa RapidArc Dynamic –kaarihoitossa on testattava myös kollimaattorin pyörimisnopeus
- Testikuvaukset ovat nopeita toteuttaa, mutta analysointi käsin vie 20-30 min työajan



Kuva 1. Testikuvien automaattisesti asetetut analysialueet (sininen).

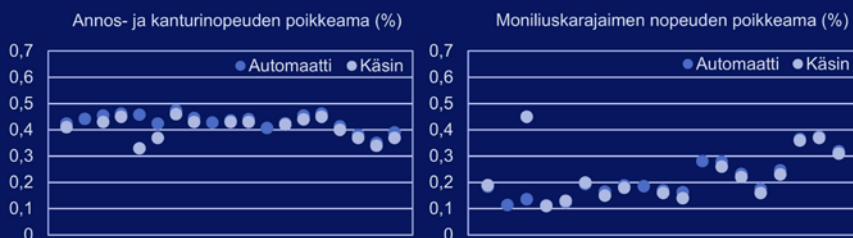
### Menetelmät

- Kehitettiin avoimen lähdekoodin laadunvarmistusohjelmisto perustuen Pylinac-kirjaston toiminnallisuuksiin
- Seitsemän mittaustulosta, joissa käsin analysoitu tulos poikkesi huomattavasti laitteen trendistä (**Kuva 2**), poistettiin aineistosta
- Verrattiin 91 RapidArc-testiä neljältä kiihdyttimeltä ja 23 RapidArc Dynamic-testiä kahdelta kiihdyttimeltä käsin tehtävään analyysiin
- Erot menetelmien välillä arvioitiin Bland-Altman –testillä

### Tulokset

Erot käsin analysoituihin kuviin (harha ja 95 % luottamusväli)

- RapidArc, annosnopeuden ja kanturikulman testi: Harha = 0.01 % [-0.07, 0.09 %]
- RapidArc, moniliuskarajaimen liuskanopeustesti: Harha = 0.01 % [-0.15, 0.12 %]
- RapidArc Dynamic, dynaaminen testi: Harha = -0.04 % [-0.07, 0.00 %]
- RapidArc Dynamic, 0° vakiokulma: Harha = -0.02 % [-0.07, 0.04 %]
- RapidArc Dynamic, 90° vakiokulma: Harha = 0.00 % [-0.04, 0.03 %]



Kuva 2. Yhden laitteen RapidArc-testituloksia vuosilta 2023-2024. Kaksi testikertaa on jäänyt analysoimatta, yksi käsin analysoitu testitulos poikkeaa huomattavasti laitteen tyypillisistä tuloksista.

### Johtopäätökset

- Kehitetyn ohjelmiston algoritmit vastaavat tarkasti käsin tehtävää analyysiä
- Automaatti on OYS:n sädehoitoyksikössä rutiinikäytössä ja säästää asiantuntijoiden työaikaa viikoittain





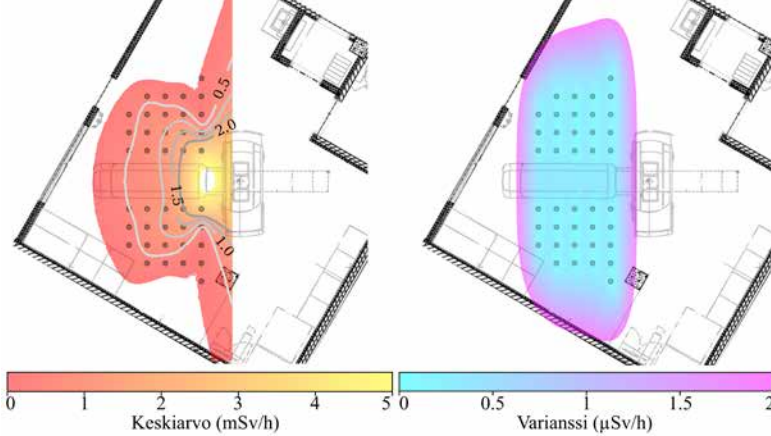
# SÄDETURVAPÄIVÄT



## Säteilysiirron mallintaminen koneoppimisella

Viljami Sairanen<sup>1,2</sup> Eeva-Maija Järvi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kanta-Hämeen hyvinvointialue <sup>2</sup>Helsingin yliopisto



Kuva 1. Esimerkki säteilyn siirronnasta TT-huoneessa 100 kV kuvausjännitteellä ja 32 cm fantomikoolla. Punakeltainen värikartta vasemmalla on GP-mallin ennuste. Ennusteen epävarmuutta kuvaava varianssi on oikealla turkoosivärisellä värikartalla.

### Johdanto

- Teoriassa siroava säteily vaiheine suhteessa etäisyyden neliöön pistemäisestä lähteestä:  $I \propto \frac{1}{r^2}$ .
- Ongelmat:** käytännössä malli ei huomioi lähteen geometriaa eikä takaisinsirontaa ympäristöstä.
- Ratkaisu:** esitämme koneoppimiseen perustuvan menetelmän, joka huomioi nämä ongelmat.
- Aineisto perustuu osana opinnäytetyötä kerättyihin TT-huoneen sirontamittauksiin. [Järvi 2025]
- Koneoppimismenetelmänä käytämme **Gaussisia Prosesseja (GP)**. [Williams and Rasmussen 2006]

### Gaussiset Prosessit (GP)

- GP on ei-parametrinen, bayesilainen koneoppimismenetelmä.
- GP on määritelty muodossa:

$$f(\mathbf{x}) \sim \mathcal{GP}(m(\mathbf{x}), k(\mathbf{x}, \mathbf{x}')),$$

missä keskiarvofunktiolla  $m(\mathbf{x}) = \mathbb{E}[f(\mathbf{x})]$  voidaan usein olettaa nolllaksi, kun taas kovarianssifunktio  $k(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \mathbb{E}[(f(\mathbf{x}) - m(\mathbf{x}))(f(\mathbf{x}') - m(\mathbf{x}'))]$  määrittelee mittapisteen väliset riippuvuudet ja siten sen valinta on oleellisen tärkeää mallin toimivuuden kannalta.

- Kovarianssifunktioksi valittiin Matérn -funktio:

$$k(\mathbf{r}) = \sigma^2 \frac{2^{1-\nu}}{\Gamma(\nu)} \left( \frac{\mathbf{r}\sqrt{2\nu}}{l} \right)^\nu K_\nu \left( \frac{\mathbf{r}\sqrt{2\nu}}{l} \right),$$

missä  $\mathbf{r} = |\mathbf{x} - \mathbf{x}'|$  on mittapisteen välinen Euklidinen etäisyys,  $\sigma$  ja  $l$  ovat datasta estimoitavat hyperparametrit (varianssi ja pituuskaala),  $\Gamma(\nu)$  on gammafunktio ja  $K_\nu$  on modifioitu Besselin funktio.

- Tasaisuusparametrin  $\nu$  arvolla  $\frac{3}{2}$  kovarianssifunktio sievenee tunnettuun Matérn 3/2 muotoon:

$$k(\mathbf{r}) = \sigma^2 \left( 1 + \frac{\sqrt{3}\mathbf{r}}{l} \right) \exp \left( -\frac{\sqrt{3}\mathbf{r}}{l} \right),$$

joka on jatkuva ja kertaalleen differentoituva funktio. Funktion ensimmäinen termi määrittelee pitkän kantaman riippuvuudet, kun taas eksponentiaalinen termi kuvaa nopeaa heikkenemistä etäisyyden kasvaessa.

- Mittausvirhe mallinnettiin valkoisella kohinalla  $k_k(\mathbf{r}) = \sigma_k^2 \delta(\mathbf{r})$ , missä  $\sigma_k^2$  on kohinan varianssi ja  $\delta$  on Kroneckerin deltafunktio eli mittauspisteiden virheiden oletetaan olevan toisistaan riippumattomia.

### Tulokset

- Mittaustekniset yksityiskohdat ja tulokset ovat esitetyt ryhmämme toisessa posterissa.
- GP-malli evaluoitiin käyttäen 75% mittauksista opetukseseen ja loput 25% testaukseen.
- Hyperparametrien optimoinnissa huomattiin, että optimoinnissa käytetty scikit-learn -kirjaston algoritmi päätyi usein kasvattamaan kohinatasa  $\sigma_k^2$  mahdollisimman korkeaksi. Kohinatason ylärajaksi asetettiin mittauksista estimoitu varianssi.
- GP-mallinnuksen ennustama säteilyjakauma noudattaa visuaalisesti mittaustuloksia (kuva 1). Lähimpänä TT:n kanturia on suurin annosnopeus, josta se vaiheine etäisyyden kasvaessa.
- Toisin kuin perinteinen etäisyyden neliöön perustuva estimointi, GP-mallinnus huomioi mahdollisesti tarkemmin TT-laitteen kanturin aiheuttamat katvalueet laitteen molemmilla sivuilla.
- Mallin varianssin tarkastelu visuaalisesti kuvan 1 oikealla puolen osoittaa, että käytetyn mallin epävarmuus kasvaa suhteellisen rauhallisesti mittapisteltä etäännyttäessä. Tätä voidaan pitää hyvänä ominaisuutena, sillä se mahdollistaa säteilyarvojen extrapoloinnin mittapisteen ulkopuolelle.

### Yhteenveto

- GP-mallinnus vaikuttaa olevan käyttökelpoinen ja mahdollisesti perinteistä lähestymistä tarkempi tapa siroavan säteilyn kartoittamiseen kuvantamishuoneissa.
- Parannuskohteita:** Kohinan mallinnus sekä mittapisteen valinta. GP-malli ei edellytä tasaista näytteistystä eikä lukuisia toistomittauksia samasta kohdasta, joten jatkossa mittaukset voisi kenties suorittaa useammista sijainneista, mutta jopa ilman toistoja.

### Lähteet

- Järvi, E.-M. (2025). "Säteilyn siirron tietokonetomografiassa: kuvausjännitteen ja potilaskoon vaikutus säteilyannosnopeuteen". MA thesis, Savonia, Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala, Radiografian kliinisen asiantuntijan tutkinto-ohjelma (YAMK).
- Williams, C. K. and C. E. Rasmussen (2006). *Gaussian processes for machine learning*. Vol. 2. 3. MIT press Cambridge, MA.



## Novel reject and effective dose analysis in digital radiography – a Finnish imaging department study

J Ahlnäs<sup>1\*</sup>, A-M Vitikainen<sup>2</sup>, JI Peltonen<sup>2</sup>, L Koivula<sup>1,3</sup>, A Sinimyrsky<sup>1</sup> and A Pekkarinen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Medical Physics, Wellbeing Services County of Kymenlaakso, Kotka, Finland

<sup>2</sup>HUS Diagnostic Center, Radiology, Helsinki University and Helsinki University Hospital, Helsinki, Finland

<sup>3</sup>University of Helsinki, Doctoral Programme in Materials Research and Nanoscience, Helsinki, Finland

Contact information:

\*johannes.ahlnas@kymenhva.fi

Accepted for publication in Radiation Protection Dosimetry, 2025.

### Objective:

This study investigates the use of a composite metric that integrates reject frequency with effective dose data in digital radiography. Such a metric could guide targeted radiographer training, optimise departmental quality assurance activities and policies with an emphasis on radiological risk rather than reject rates alone.

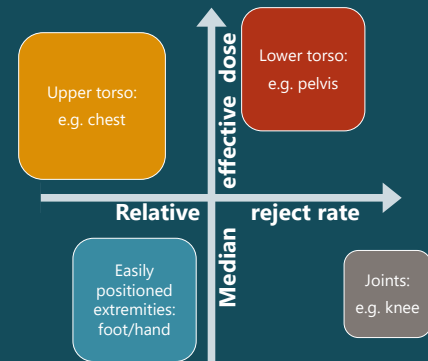
### Materials & Methods:

The retrospective cross-sectional observational study consisted of 52178 (N) digital X-ray radiographs from emergency, elective, in- and outpatient examinations in 2024. The data represents roughly nine months of examinations from all five digital radiography rooms and two mobile systems operated by HUS Diagnostic Center in Kymenlaakso, Finland (Kymenlaakso Wellbeing Services County).

The radiographs were annotated in case of rejection. Information collected included date, protocol name (300), body part examined (22) and dose area product (DAP).

Rejected radiographs divided by the total number of radiographs gave the relative reject rate ( $n_{r, bp} / N_{bp}$ ). The median dose was calculated as a function of body part ( $DAP_{m, bp}$ ). Multiplying it with a body part specific conversion factor [1] ( $c_{eff, bp}$ ) yielded an effective dose, and further the body part specific absolute rejection rate ( $n_{r, bp} / N$ ) was used to obtain a scaled comparison value ( $R_{eff, bp}$ ) according to equation (1):

$$R_{eff, bp} = \frac{DAP_{m, bp} \times c_{eff, bp} \times n_{r, bp}}{N \times R_{eff, max}} \times 100$$



### Results:

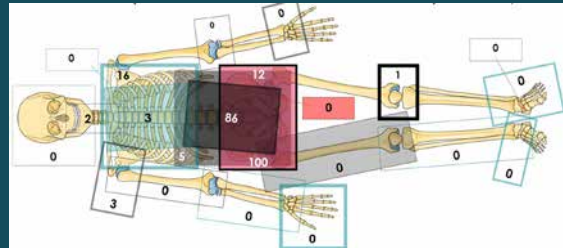


Figure 1. Median effective dose –weighted reject rate, scaled to maximum value of 100, based on a dataset of 52178 digital radiographs, imaged with 300 protocols and categorised by 22 body parts. Border thickness indicates the relative share of examinations. Box opacity reflects the median dose area product. A black box denotes a high relative reject rate.

Table 1. Calculated values as a function of body part examined, sorted by decreasing median effective dose –weighted reject rate ( $R_{eff}$ ).

Body part	Rejects $n_{r, bp}$	Relative reject rate (%)	Radiographs (%)	Median DAP [ $mGy \cdot cm^2$ ]	Conversion factor $c_{eff, bp}$ [ $mSv / Gy \cdot cm^2$ ]	$R_{eff}$ (nSv)	$\bar{D}_{eff}$ scaled	Protocols
PELVIS	234	7	6	281	0.14	364.8	100	23
LSPINE	152	7	5	488	0.22	312.8	86	14
CHEST	332	2	31	59	0.16	60.1	16	40
HIP	74	10	1	235	0.13	43.3	12	9
ABDOMEN	11	8	0	454	0.18	17.2	5	16
SHOULDER	129	4	6	66	0.064	10.4	3	20
TSPINE	12	3	1	178	0.24	9.8	3	8
CSPINE	35	7	1	44	0.19	5.6	2	17
KNEE	753	15	11	51	0.0034	2.5	1	29
LEG	42	4	2	61	0.036 <sup>a</sup>	1.8	0	8
FEMUR	14	6	1	158	0.036	1.5	0	10
ILIUM	2	67	0	274	0.13 <sup>b</sup>	1.4	0	1
HUMERUS	16	6	1	69	0.036 <sup>c</sup>	0.8	0	4
SKULL	23	11	0	27	0.058	0.7	0	5
CLAVICLE	7	3	1	40	0.064 <sup>d</sup>	0.3	0	7
ARM	12	3	1	14	0.036 <sup>e</sup>	0.1	0	5
ANKLE	113	3	7	15	0.0032 <sup>f</sup>	0.1	0	21
WRIST	198	7	6	4	0.0032 <sup>g</sup>	0.0	0	10
FOOT	68	2	9	11	0.0032	0.0	0	28
ELBOW	46	5	2	11	0.0034 <sup>h</sup>	0.0	0	3
HAND	59	1	10	8	0.0032 <sup>i</sup>	0.0	0	17
CALCANEUS	23	16	0	17	0.0032 <sup>j</sup>	0.0	0	5
Total	2355	5±4	100			830		300

† Per image. ‡ Conversion factors [1] were applied conservatively for different projections. Missing values were substituted by <sup>a</sup> femur, <sup>b</sup> hip, <sup>c</sup> shoulder, <sup>d</sup> foot and <sup>e</sup> knee.

Chart 1 (left). Approximate position of prominent imaging categories on reject rate versus effective dose axis, with box size indicating frequency of examination type and example thereof.

### Conclusions:

Rejected radiographs of the pelvic region and lumbar spine contributed the highest additional radiation dose, followed by the chest, where the high examination volume outweighed the low relative rejection rate in dose impact. Extremities contributed negligibly to additional radiation dose irrespective of their reject rates.

From both a patient and regulatory perspective, optimisation efforts should be directed first toward examinations with high median effective dose –weighted reject rates, in line with the principle of keeping exposures as low as reasonably achievable, radiation safety standards and legislative requirements.

#### References:

- [1] Wall B, Haylock R, Jansen J, Hillier M, Hart D. 590 Shrimpton P. Radiation risks from medical X-ray examinations as a function of the age and sex of the patient. Health Protection Agency Dicdot; 2011.

