

C-kaarityöskentely leikkaussalissa

Merja Wirtanen

Leikkaussalissa tapahtuva C-kaarityöskentely on monessa paikassa siirtynyt radiologian toiminnasta operatiivisen yksikön toiminnaksi. Samalla läpivalaisu- ja angiografialaitteiden määrä on vähentynyt röntgenosastoilla muiden kuvantamismenetelmien korvattua läpivalaisua. Leikkausosaston C-kaarien omistukset ovat osin siirtyneet radiologialta operatiivisille yksiköille, eikä röntgenhoitaja ole useinkaan laitteen pääasiallinen käyttäjä. Leikkausosaston henkilökunnalla ei välttämättä ole riittävää osaamista nykyaikaisista laitteista ja säteilyturvallisuudesta.

C-kaarityöskentelyssä henkilökunnan altistusta pienentää potilasannoksen pienentäminen, koska **henkilökunta altistuu** sironneelle säteilylle^[1]. Tehokas suojautuminen on mahdollista, joskin esim. toimenpidettä tekevä, potilaassa kiinni oleva kirurgi väistämättä altistuu sironnalle^[2]^[3]. Merkittävin sironna tapahtuu potilaasta röntgenputken suuntaan takaisinsirontana, joten alaputkiläpivalaisun käytöllä voi suojata kehon yläosan herkkiä elimiä^[3]. Alaputkiläpivalaisussa sironnasta aiheutuva annosnopeus on toimenpiteen tekijän kohdalla 0,5–1,0 mSv/h, pään korkeudelta kohti varpaita^[4].

Horisontaalisessa läpivalaisussa voi altistusta pienentää sijoittamalla kuvailmaisimen puolelle ja viistosuuntaa käytettäessä kallistaa röntgenputkea toimenpiteen tekijästä pois päin.

Suurella säteilymäärällä syntyy enemmän sirontaa kuin pienellä. **Sirontaa lisää usea tekijä.**

- Korkea putkijännite japieni suodatuksen määrä. Kuvausjännitteen nostaminen pienentää potilaan ihoaltistusta, mutta nostaa vieressä seisijan annosta^[5]^[3]^[6]. Suodatuksen lisääminen pienentää vieressä seisijan annosta vyötärön korkeudella noin puolet verrattuna potilaan annoksen pienenemiseen^[3]. Moderneissa laitteissa kV ja suodatus säätyvät automaattisesti.
- Säteilymäärän lisääminen annosnopeuttanostamalla. Säteilymäärää ja sirontaa voi vähentää laskemalla annosnopeutta annosnopeusautomaatiikkavalinnalla ("–/normal/+", "low/medium/high"). Lähtötilanteessa kannattaa annosnopeusautomaatiikka pitää matalana, ja nostaa vain silloin kun vaaditaan erityisen tarkkaa läpivalaisukuvaa. Eri laitteiden annosnopeusautomaatiikkavalintojen annosnopeuksissa on suuria eroja^[7].
- Suuri säteilykeilan pinta-ala. Säteilykeilan pinta-alan pienentäminen pienentää potilaaseen kohdistunutta säteilymäärää ja sirontaa sekä parantaa kuvanlaatua. Kentän pienentäminen puolella pienentää lähes puolella säteilykeilan vieressä seisijan altistumista, oletuksella että kuvausarvot ovat samat^[2]. Todellisuudessa annossäästö on pienempi, kun automaatiikka säätää kuvanlaatua vakioksi monitorille.
- Suurennuksen (FOV) aiheuttama annos vaihtelee suurennuksen mukaan. Usein kuvan suurentaminen lisää potilaan annosta ja siten sirontaa^[3]. Digitaalisesti tuotettua kuvaa on mahdollista tarkastella suurentamalla näytön kuvaa zoomaamalla.
- Potilaan suuri koko läpivalaisun suunnassa (PA/sivusuunta/putkenkallistus). Potilaan paksuuden lisääminen 5 cm saattaa kaksinkertaistaa vieressä seisijan annoksen vyötärön alapuolella, kun kilpirauhasen korkeudella annoksen lisäys on 30 %^[3]. Läpivalaisusuunnan suurempi läpimittavaatii kuvausjännitteen ja putkivirran nos-

tamista, jotta kuvan kirkkaus ja kontrasti pysyisivät halutulla tasolla. Potilaan kokoon ei läpivalaisutilanteessa juurikaan voi vaikuttaa, mutta ”paksuutta” lisää myös kallistettu kuvasuunta. LAO/RAO/CC -suunnissa läpivalaisun annosnopeus voi nousta jopa yli 10-kertaiseksi verrattuna PA-suuntaan^[8]. Kallistettuja kuvasuuntia kannattaa välttää aina kun mahdollista.

- Säteilymäärää vähennetään vähentämällä kuvien ottamista^[1].

Henkilökunnan keskeisiä suojautumiskeinoja ovat ”etäisyys”, ”aika” ja ”suojustuminen”.

”**Aika**” kuvaa sitä, kuinka kauan säteily on päällä. Aika näytetään läpivalaisulaitteen näytöllä, mutta todellisesta altistuksesta se ei kerro. ”Aikaa” voidaan lyhentää monilla tavoin.

- Läpivalaisukytkintä painetaan vain silloin, kun se todella on tarpeen. Kun säteilykeilan paikkaa siirretään, ei läpivalaisua pitäisi tarvita.
- Läpivalaisua käytetään liikkuvien kohteiden tarkasteluun, muuten läpivalaisua käytetään vain se aika, että saadaan kuva monitorille tarkasteltavaksi. Aikaan saatua jälkinäyttökuvaa (Last Image Hold) voidaan sitten tarkastella rauhassa. LIH-kuvia voidaan myös tallentaa ja ottaa myöhemmin tarvittaessa uudelleen tarkasteluun. LIH kuva hyväksytään jo usein arkistoitavaksi dokumentiksi, eikä potilaasta oteta uutta kuvaa esim. leikkauksen kontrollina. Uudemmissa laitteissa on käytössä LIH-kuvan päällä esitettävä graafinen näyttö kuva-alan rajaamiseen, jolloin rajauksen voi tehdä ilman läpivalaisua. ”Fluoroloopeja” arkistoitaneevähemmän.
- Käytetään pulsoivaa läpivalaisua niin matalalla pulssinopeudella kuin toimenpide sallii. Pulsoivan läpivalaisun käytössä on hyvä tietää millaisen annostason eri pulssinopeudet aiheuttavat. Pulssinopeuden laskeminen 15 p/s:sta 7 p/s:n ei yleensä pienennä annosta puolella jotta kuvanlaatu säilyisi vakiona^[7].

”**Etäisyys**” on tehokas keino pienentää säteilyaltistusta. Metrin etäisyydellä potilaasta, 90°suunnassa on annosnopeus 0,1–0,2 % potilaaseen kohdistuneesta annosnopeudesta^[2]. Keinoja etäisyyden lisäämiseen on useita.

- Läpivalaisulaitteen ja potilaan lähellä ovat vain välttämättömät henkilöt – muut rakenteellisten suojien takana.
- Läpivalaisun aikana otetaan etäisyyttä potilaaseen.
- Jos läpivalaistava kohta on potilaan reunassa, toimenpiteen tekijän kilpirauhasannos voi pienetä jopa 70 %, jos tekijä seisoo vastakkaisella puolella (alaputkiläpivalaisu)^[3].
- Alaputkiläpivalaisussa läpivalaistava kohde voitaisiin pitää mahdollisimman alhaalla (esim. leikkaukspöytä alhaalla). Tämä kuitenkin lisää potilaan ihon altistusta.

”**Suojustuminen**” on henkilösuojaimien ja tilassa olevien lisäsuojien käyttämisestä. Suomalaiseen turvallisuuskulttuuriin kuuluu röntgenhenkilökunnalla jo itsestäänselvytenä suojaimien käyttö. Näiden käytöllä voidaan suojautua sironneelta säteilyltä 90–95 %:sti riippuen käytetystä kuvausjännitteestä. 70–100 kV:n jännitteellä läpäisee säteily 0,5 mmPb 0,5–5 %^[9]. ”Lyijyttömillä” suojilla läpäisy on hiukan suurempi 1,7–6,8 %^[10]. Suojia hankittaessa on niitä hyvä sovittaa (istuvuus, koko, kiinnitykset jne.). Eri suojien yhdistely pienentää merkittävästi käyttäjän efektiivistä annosta^{[11][12]}. Jos silmien tai käsien suojaamiseen ei kiinnitetä huomiota, voivat näiden annokset suurel-

la työkuormalla nousta korkeaksi ja jopa ylittää haitan kynnysarvon^{[17][18]}. Suojaimina käytetään takin ja kilpirauhassuojaimen lisäksi silmiä suojaavia laseja jaliikuteltavaa lyijysuojaa, varsinkintyöskenneltäessä lähellä röntgenputkea ja potilasta. Viime vuosi-
na on tutkittu silmän linssin herkkyyttä ja altistumista säteilylle. ICRP on laskenut silmän linssin kynnysarvoa 0,5 Gy:n^[19]. Lyijylasien käyttäminen alentaa linssiannosta kertoimella 5–10, katosta roikkuva lyijyseinä kertoimella 5–25. Kun käytetään sekä laseja että lyijyseinää, pienenee annos kertoimella 25 tai enemmän^[13].

- Alaraajoja ja alavartaloa suojataanlaitteesta roikkuvilla tai lattialla seisovilla lisäsuojilla Alaraajojen annos voi pienentyä jopa 60 %^[14], gonadiannos (miehillä) 98 % ja efektiivinen annos 25 %^[11]. Leikkauspöytiin on saatavilla mittojen mukaan valmistettavia suoja.
- Ylävartaloa suojataan katosta roikkuvalla, liikuteltavalla suojalla. Se suojaa tehokkaasti silmiä, mutta ei käsiä ^[15]. Ala- ja ylävartaloa suojattaessa laitesuojilla tai liikuteltavilla suojilla on ne asetettava mahdollisimman lähelle potilasta ja toimenpiteen tekijää. Tarvittaessa niitä on siirrettävä jotta suojausteho säilyy ^[6].
- Steriileistä ”lyijykäsineistä” ei primääriokeilassa ole hyötyä, enemmän suojaa alaputkiläpivalaisu. Työskenneltäessäprimaarikeilan lähellä on käsineillä suojaava vaikutus. 100 kV:n jännitteellä säteily vaimenee 21–50 %, käsineen mallista riippuen ^[16].

Ideaalitilanteessa voidaan käyttää kaikkia mahdollisia tapoja pienentää säteilyaltistusta. Todellisuudessa leikkaustilanteessa on valittavissa vain muutamia vaihtoehtoja, mutta jo niidenkin käyttämisellä voidaan altistusta pienentää huomattavasti. Käytettävä laite on syytä tuntea, jotta tilanteeseen sopivat valinnat voidaan tehdä. Mitkä ovat laitteen asetukset kun laite käynnistetään? Onko muutettu tehdasasetuksista matalille annosnopeuksille ja pulssinopeuksille? Toteutetaanko säännöllistä laadunvarmistusta laitteen toiminnan ja siten potilas- ja työturvallisuuden varmistamiseksi.

Kirjallisuutta

- [1] Miller ym. 2010. Occupational Radiation Protection in Interventional Radiology: A Joint Guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *CardiovascInterventRadiol.* 33(2): 230–239.
- [2] Verdun ym. 2004. Reduction of radiation doses to staff during diagnostic X-ray procedure. *EurRadiol Syllabus* 14:84–90.
- [3] Schuelerym. 2006. An Investigation of operator exposure in interventional radiology. *RadioGraphics* 26:1533–1541.
- [4] Le Heron ym. 2010. Radiation protection of medical staff. *Eur J Radiol.* 76(1):20–3.
- [5] Marshall ym. 1992. The dependence of the scattered radiation dose to personnel on technique factors in diagnostic radiology. *British Journal of Radiology* 65: 44–49.
- [6] Fetterlyym. 2011. Effective use of radiation shields to minimize operator dose during invasive cardiology procedures. *J Am CollCardiolIntv* 4: 1133–1139.
- [7] Mahesh 2001. Fluoroscopy: Patient radiation exposure issues. *RadioGraphics* 21:1033–1045
- [8] Wagner 2007. Radiation injury is a potentially serious complication to fluoroscopically guided complex interventions. *Biomedical Imaging and Intervention Journal* Vol 3, no 2. <http://www.bijj.org/2007/2/e22/>.
- [9] Marx ym. 1992. Occupational radiation exposure to interventional radiologists: a prospective study. *J VasIntervRadiol* 3:597–606
- [10] Christodoulou ym. 2003. Evaluation of the transmitted exposure through lead equivalent aprons used in a radiology department, including the contribution from backscatter. *Med. Phys* 30: 1033–1038

- [11] Theocharopoulosym. 2006. Occupational exposure in the electrophysiology laboratory: quantifying and minimizing radiation burden. *Br J Radiol.* 79(944):644–51.
- [12] Pratt ym. 1993. Factors affecting the radiation dose to the lens of the eye during cardiac catheterization procedures. *Br. J. Radiol.* 66: 346–350.
- [13] Thornton ym. 2009. Comparing strategies for IR eye protection. *J VascIntervRadiol* 20: S52–S53.
- [14] Shorttym. 2007. Staff radiation doses to the lower extremities in interventional radiology. *CardioVascIntervRadiol* 30:1206–1209.
- [15] Maederym. 2006. Impact of a lead glass screen on scatter radiation to eyes and hands in interventional cardiologists. *CathCardiovascInterv* 67:18–23.
- [16] Vanoyym. 1995. Evaluation of tungsten and lead surgical gloves for radiation protection. *Health Phys.* 68: 855–858
- [17] Vanoyym. 2008. Eye Lens Exposure to Radiation in Interventional Suites: Caution Is Warranted. *Radiology* 248(3): 945–953.
- [18] Whitbyym. 2005. A study of the distribution of dose across the hands of interventional radiologists and cardiologists. *The British Journal of Radiology*, 78: 219–229.
- [19] ICRP 2011: Statement on Tissue Reactions, April 21