



Suositus potilaan suojaamisesta röntgentutkimuksissa

TYÖRYHMÄ

Kaartinen Siru, sairaalafyysikko, FT, Pohjois-Savon hyvinvointialue, radiologia

Kotiaho Antti, sairaalafyysikko, FT, Terveystalo, Kuvantaminen

Larjava Heli, sairaalafyysikko, FL, TYKS Kuvantaminen, lääketieteellinen fysiikka

Lepola Pasi, ylifyysikko, FT, Päijät-Hämeen hyvinvointialue, Kuvantaminen

Peltonen Juha, sairaalafyysikko, TkT, HUS Diagnostiikkakeskus, radiologia

Perankoski Merja, röntgenhoitaja YAMK, Suomen Röntgenhoitajat ry

Sierpowska Joanna, sairaalafyysikko, FT, SiunSote, radiologia

Suutari Juha, tarkastaja, Säteilyturvakeskus

Kansikuva: Pasi Lepola, Päijät-Hämeen hyvinvointialue

Muut kuvat: Siru Kaartinen, Pohjois-Savon hyvinvointialue, Radiologia

ISSN 1799-9472

ISBN 978-952-309-580-9

Sisällys

1	JOHDANTO	4
2	YLEISIÄ SÄTEILYSUOJAUKSEN PERIAATTEITA	6
2.1	HUOMIOITAVAA SÄTEILYSUOJAINTEN MAHDOLLISESSA KÄYTÖSSÄ	7
3	MODALITEETTIKOHTAISIA ERITYISPIIRTEITÄ	8
3.1	NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSET	8
3.2	TIETOKONETOMOGRAFIATUTKIMUKSET	10
3.3	KUVANTAOHJATUT TOIMENPITEET	12
3.4	SUUN ALUEEN KUVANTAMINEN	14
3.5	MAMMOGRAFIA	16
4	TUTKIMUSKOHTEIDEN ERITYISPIIRTEITÄ	17
4.1	SUKURAUHASET	17
4.2	KILPIRAUHANEN	18
4.3	RINNAT	19
4.4	SILMÄN LINSSI	19
4.5	SIKIÖ	21
4.6	LAPSET	22
5	YHTEENVETO	23
5.1	MODALITEETTIKOHTAISET SUOSITUKSET	23
5.2	TUTKIMUSKOHDEKOHTAISET SUOSITUKSET	24
	VIITTEET	25

Tämän suositus on laadittu yhdessä seuraavien organisaatioiden kanssa:






I Johdanto

Ulkoisia säteilysojaimia on perinteisesti käytetty ionisoivaa säteilyä hyödyntävässä kuvantamisessa potilaan säteilyherkkien kudosten, elimien ja sikiön suojaamiseksi. Kuvantamistekniikoiden kehittymisen myötä säteilysojainten käytön tarve on vähentynyt. Tieteellisten tutkimusten myötä myös tieto kudosten ja elimien säteilyherkkyyksistä on parantunut [1]. Terveystieteiden yksiköissä säteilysojainten käytön tulee perustua ajankohtaisiin tieteellisiin tutkimustuloksiin ja niiden perusteella laadittuihin suosituksiin. Tämä suositus pohjautuu vuonna 2022 julkaistuun eurooppalaiseen konsensuskseen potilaiden suojaamisesta röntgentutkimuksissa [1] sekä muihin tieteellisiin julkaisuihin. Suosituksissa ei oteta kantaa henkilökunnan tai tukihenkilöiden säteilysojaukseen.

Suosituksissa käytetään symboleja ilmaisemaan ulkoisen säteilysojaimen käytön tarvetta modaliteetissa tai tutkimuskohteessa (taulukko 1). **Suosituksen taustalla on oletus, että kaikki säteilysojaimen oikeutus- ja optimointikeinot (ks. luvut 2 ja 3) on tehty ennen kuin ulkoisen säteilysojaimen käyttöä harkitaan.** Vihreä symboli tarkoittaa, että ulkoisen säteilysojaimen käytöstä on olennaista hyötyä ja suojainta on käytettävä. Keltaisen kuvion sisältävä symboli tarkoittaa, että ulkoisen säteilysojaimen käytöstä voi olla olennaista hyötyä ja suojainta voi käyttää tiettyjen ehtojen toteutuessa. Punaisen poikkiraidan sisältävä symboli tarkoittaa, että ulkoisen säteilysojaimen käytöstä ei ole olennaista hyötyä ja suojainta ei ole tarpeen käyttää.

TAULUKKO 1. Symbolit

Arvio ulkoisen säteilysojaimen käytön hyödyllisyydestä	Suositus ulkoisen säteilysojaimen käytöstä	Symboli
Käytöstä on olennaista hyötyä.	Ulkoista säteilysojainta on käytettävä.	
Käytöstä voi olla olennaista hyötyä tietyissä tapauksissa.	Ulkoista säteilysojainta voi käyttää.	
Käytöstä ei ole olennaista hyötyä.	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	

Tässä oppaassa käytetään termiä potilas terveyden- ja sairaanhoitopalveluja käyttävästä tai muuten niiden kohteena olevasta henkilöstä. Potilaan sijaan voitaisiin käyttää myös termiä tutkittava tai asiakas.

Säteilyn käyttöön osallistuvan henkilökunnan perus- ja täydennyskoulutukseen tulisi myös jatkossa sisällyttää säteilysuojainten käytön opetusta suojainten käytön linjauksista riippumatta. Henkilökunnan tulisi hallita suojainten oikea valinta, niiden asettelu, säilytys sekä laadunvarmistus, mikäli potilasta tarvitsee suojata säteilysuojaimilla. Koulutus on tärkeää myös siksi, että tukihenkilöt ja henkilökunta käyttävät edelleen säteilysuojaimia.

2 Yleisiä säteilysuojauksen periaatteita

Säteilysojainten käytön tarve on kiinteästi yhteydessä säteilyriskiin sekä käytettävän kuvantamismenetelmän teknisiin ominaisuuksiin. Arvioitaessa suojauksen tarvetta on pohdittava ulkoisten säteilysojainten käytön hyötyjä ja haittoja [2–4]. Säteilysuojaimia tulee Säteilyturvakeskuksen määräyksen S/4/2019 5 §:n mukaan käyttää, mikäli niillä voidaan olennaisesti pienentää potilaan tai sikiön säteilyaltistusta eivätkä suojaimet vaaranna tutkimuksen toteutusta. Yleisesti voidaan todeta, että:

- Kuvakentän ulkopuolisella säteilysuojaimella ei saavuteta olennaista säteilyaltistuksen pienentymistä.
- Kuvakentässä oleva säteilysuojain voi vaarantaa tutkimuksen suorituksen joko teknisesti tai mielenkiintoalueen peittymisen takia.

Röntgensäteilyn tuottamiseen ja havaitsemiseen liittyvä tekniikka sekä kuvan muodostamisen ja käsittelyn menetelmät ovat kehittyneet huomattavasti viime vuosikymmeninä. Tämän seurauksena yhä pienempi määrä säteilyä riittää diagnostisen kuvan muodostamiseksi ja säteilysuojaimesta saatava lisähyöty jää useimmissa tutkimuksissa häviävän pieneksi [2]. Myös ymmärrys säteilyn vaikutuksista ja riskeistä on lisääntynyt: esimerkiksi tyypillisestä natiiviröntgentutkimuksesta aiheutuva koko eliniän syöpäriski on luokkaa 1:1 000 000 ja tietokonetomografiatutkimuksesta aiheutuva riski luokkaa 1:10 000 [5].

Ulkoisen säteilysuojain suojaa heikosti potilaan sisältä siroavalta säteilyltä, joten säteilysuojaimen käytöstä on hyötyä vain säteilykentän lähellä [6]. Tällöin myös riski kuvauksen epäonnistumiselle kasvaa, sillä väärin aseteltu säteilysuojain voi vaatia kuvauksen uusimisen, aiheuttaa artefakteja kuvaan ja häiritä laitteen annosautomaatiikkaa. Lisäksi tietyillä erityisryhmillä (esimerkiksi lapset) riski säteilysuojainten liikahtamiselle voi olla suurempi.

Säteilysojainten käytön sijasta säteilyherkkien elimien ja sikiön suojaamiseksi tulisikin keskittyä kuvan tehokkaaseen rajaamiseen. Lisäksi merkittävää hyötyä saadaan laitteen annosautomaatiikalla, oikealla kuvaussuunnalla ja potilaan hyvällä valmistelulla tutkimukseen. Näiden keinojen merkitys potilaan suojaamisessa on huomattavasti suurempi kuin mitä voidaan saavuttaa ulkoista säteilysuojainta käyttämällä.

Yllä mainittujen tekijöiden vuoksi säteilysuojainten käytöllä ei saavuteta olennaista hyötyä. Tämän suosituksen linjaukset eroavat joiltakin osin suojauskäytännöistä, joihin sekä työntekijät että potilaat ovat tottuneet. Riittävä tiedottaminen suojainten käytön vähentämisen perusteista on ensisijaisen tärkeää, koska säteilysuojaimen käyttö voi lisätä potilaan turvallisuuden tunnetta. Jos potilaan suojaamisesta arvioidaan kuitenkin olevan hyötyä tutkimuksen sujuvuuden kannalta, eikä samaan tulokseen päästä perustelemalla

muiden keinojen riittävyttä, voi tutkimuksen suorittaja oman arvionsa perusteella käyttää suojaimia, ellei se vaaranna tutkimuksen onnistumista.

2.1 Huomioitavaa säteilysojainten mahdollisessa käytössä

Säteilysojainten käytössä on hyvä huomioida myös säteilyannokseen liittymättömät seikat, kun arvioidaan säteilysojien käyttöä ALARA-periaatteiden mukaisesti.

Säteilysojainten on osoitettu olevan mahdollisia taudinaiheuttajien tarttumispintoja, minkä vuoksi niiden säilytykseen ja puhdistukseen tulee varata riittävät resurssit infektioriskien välttämiseksi [8,9]. Myös lyijyä sisältävistä suojaimista irtoava mahdollinen lyijypöly on hyvä huomioida [10].

Säteilysojaimet, niin lyijylliset kuin lyijyttömät, ovat suhteellisen raskaita ja ne joudutaan usein asettamaan potilaalle hieman kurottaen. Säteilysojaimista varsinkin suurimmat voidaan kokea raskaina niin potilaiden kuin henkilökunnankin puolesta [11,12]. Säteilysojainten käytön aiheuttama työergonomian heikentyminen on hyvä arvioida [13].

Säteilysojainten käytön hyödyllisyyttä voi arvioida myös taloudellisesta näkökulmasta. Säteilysojaimet kuluvat ja rikkoutuvat käytössä, minkä vuoksi suojaimille tulee tehdä säännöllisesti laadunvarmistustoimenpiteitä [14]. Itse sojainten hankkiminen vaatii suoraa taloudellista investointia, mutta on hyvä huomioida myös terveydenhuollon ammattilaisten laadunvalvontaan käytetyn työpanoksen osuus ja varastoinnin tilavaatimukset [15].

3 Modaliteettikohtaisia erityispiirteitä

Tässä luvussa on kuvattu yksityiskohtaisesti kuvantamismodaliteettien erityispiirteiden vaikutus potilaan säteilysojainten käyttöön. Kunkin modaliteetin kohdalla on esitetty lyhyesti perusteet linjauksille suojausten käytöstä. Lisäksi modaliteettikohtaisesti on esitetty lyhyesti muita keinoja, joilla potilaan säteilyannosta voidaan vähentää.

Suosituksessa ei oteta kantaa kuvantamislaitteiden kokoonpanoon kuuluvien säteilysojainten käyttöön. Näiden suojausten osalta käyttäjän tulee noudattaa laitteen valmistajan ohjeistusta tarkoituksenmukaisesta käytöstä. Tyypillisesti laitteeseen liittyvien säteilysojaimien käyttö on ohjeistettu laitteen käyttöohjeissa.

3.1 Natiiviröntgentutkimukset


Natiiviröntgentutkimusten erityispiirteenä on, että säteilyaltistus rajoittuu hyvin tarkasti käytettävälle kuvausalueelle. Kuvausalueen ulkopuolella säteily etenee potilaan sisäisenä sirontana oleellisesti vain noin 5 cm:n etäisyydelle kuvausalueen ulkopuolelle [16,17]. Oleellisen hyödyn tuottava potilaan säteilysojainten käyttö natiivikuvantamisessa edellyttäisi käytännössä suojaimen käyttöä varsinaisella kuvausalueella. Potilaan säteilysojainten käyttö kuvausalueella ei kuitenkaan ole suositeltavaa:

- Natiivikuvauslaitteiden annosautomaatiikka mittaa potilaan läpi tulevaa säteilyä ja katkaisee säteilyn silloin, kun kuvailmaisimelle tullut säteily määrä saavuttaa tavoitetason. Mikäli säteilysojain vaimentaa valotusautomaatiikalle pääsevän säteilyn määrää, on tuloksena merkittävästi kasvanut säteilyannos ja mahdollisesti oleellisilta alueilta ylivalottunut kuva.
- Kuvankäsittelyn osuus lopullisen kuvan muodostamisessa on natiivikuvantamisessa huomattava. Automaattisten kuvankäsittelyalgoritmien oletuksena on tyypillisesti anatomisia rakenteita sisältävä kuva, jolloin säteilyä voimakkaasti vaimentava suoja voi aiheuttaa kuvan virheellisen käsittelyn. Virhe ei välttämättä ole korjattavissa kuvaajan käytössä olevilla työkaluilla.
- Kuvausalueella oleva säteilysojain voi virheellisesti aseteltuna peittää mielenkiinnon kohteena olevia rakenteita aiheuttaen pahimmillaan uusintakuvauksen tai mahdollisen löydöksen havaitsemattomuuden. Esimerkkinä tästä on sukurauhassuojaimeen asettelu optimaalisesti, mikä erään tutkimuksen mukaan onnistui vain 38 %:ssa tutkimuksista [18].

Säteilysojainten käyttämisen sijaan natiivitutkimuksia optimoimalla voidaan saavuttaa merkittävää hyötyä:

- Kuvausalueen rajausta tulee pitää mahdollisimman pienenä, sillä potilaan säteilyannoksen suuruus on verrannollinen kuvakentän pinta-alaan. Käytettävän laitteen hyvä tuntemus auttaa tarkkojen rajausten toteuttamisessa. Toisaalta liian tiukkoja rajauksia ei tule käyttää epävarmoissa kuvaustilanteissa, joissa riskinä on uuden kuvauksen tarve.
- Suoradigitaalisten kuvailmaisimien dynaaminen alue on merkittävästi suurempi kuin aiemmalla filmikuvaustekniikalla. Tällöin suhteessa pienemmät kudosten väliset kontrastierot voidaan oikealla kuvankäsittelyllä saada esiin ilman kuvan laadun heikkenemistä. Käytännössä tätä voidaan hyödyntää annoksen laskemiseen käyttämällä suurempaa kiihdytysjännitettä ja voimakkaampaa säteilyn suodatusta aiempaan verrattuna etenkin suurempia kohteita kuvatessa. Tällöin suhteellisesti enemmän vaimentuvien matalien säteilyenergioiden vaikutus annokseen vähenee voimakkaasti.
- Projektiosuunnat tulee valita mahdollisuuksien mukaan niin, että säteilylle herkemät elimet rajautuvat kuvausalueen ulkopuolelle tai niin, että ne ovat kuvatessa säteilyn tulosuuntaan nähden vastakkaisella puolella kehoa.

TAULUKKO 2. Kun säteilysojelman optimointi on tehty edellä mainitulla tavalla, voidaan natiiviröntgentutkimuksille noudattaa seuraavaa suositusta:

Modaliteetti	Suositus potilaan suojaamiseksi	Symboli
Natiivikuvantaminen	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	



3.2 Tietokonetomografiatutkimukset

Tietokonetomografiatutkimusten (TT) annokseen vaikuttavat lukuisat seikat, mm. potilaan asettelu, tutkimukselta vaadittu kuvanlaatu, kuvausalueen rajausta ja potilaan koko. TT-tutkimusten kuvanlaatu säätyy usein automatiikan avulla potilaan koko huomioiden, jolloin kuvanlaatuun ja säteilyannokseen vaikuttavat tekniset ratkaisut ovat erityisen herkkiä ulkoisille säteilysuojaimille. Viimeaikaisimmat tietokonetomografiaa koskevat suositukset eivät puolla säteilysuojainten käyttöä potilailla [1,19,20]. Säteilysuojainten mahdollistama annossäästö on usein vaatimatonta ja vastaava annossäästö voidaan saavuttaa muilla optimointikeinoilla [21,22]. Potilaiden päälle asetettavat suojaimet eivät ole suositeltavia seuraavista syistä:

- Ulkoinen säteilysuojain kuvausalueella voi pienentää pinnallista säteilyannosta suojaimen puolella, mutta vastaavasti potilaan läpäissyt säteily vaimenee, kuvanlaatu heikkenee ja potilaan kokonaisannos voi nousta annosautomatiikan toiminnan häiriintyessä [23].
- Säteilysuojaimet voivat aiheuttaa ylimääräistä säteilyaltistusta potilaalle annosautomatiikan häiriintymisen vuoksi, vaikka suoja olisi asetettu kuvausalueen ulkopuolelle usean senttimetrin päähän kuvausalueen rajasta [24].
- Kaksois- ja monienergiakuvaukset voivat antaa virheellisiä tuloksia ulkoisia säteilysuojaimia käytettäessä [23].


Tietokonetomografiatutkimuksissa saavutetaan usein paras lopputulos käyttämällä laitteistoa optimaalisesti. TT-tutkimuksia optimoimalla voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä. TT-protokollien optimoinnissa on hyvä huomioida:

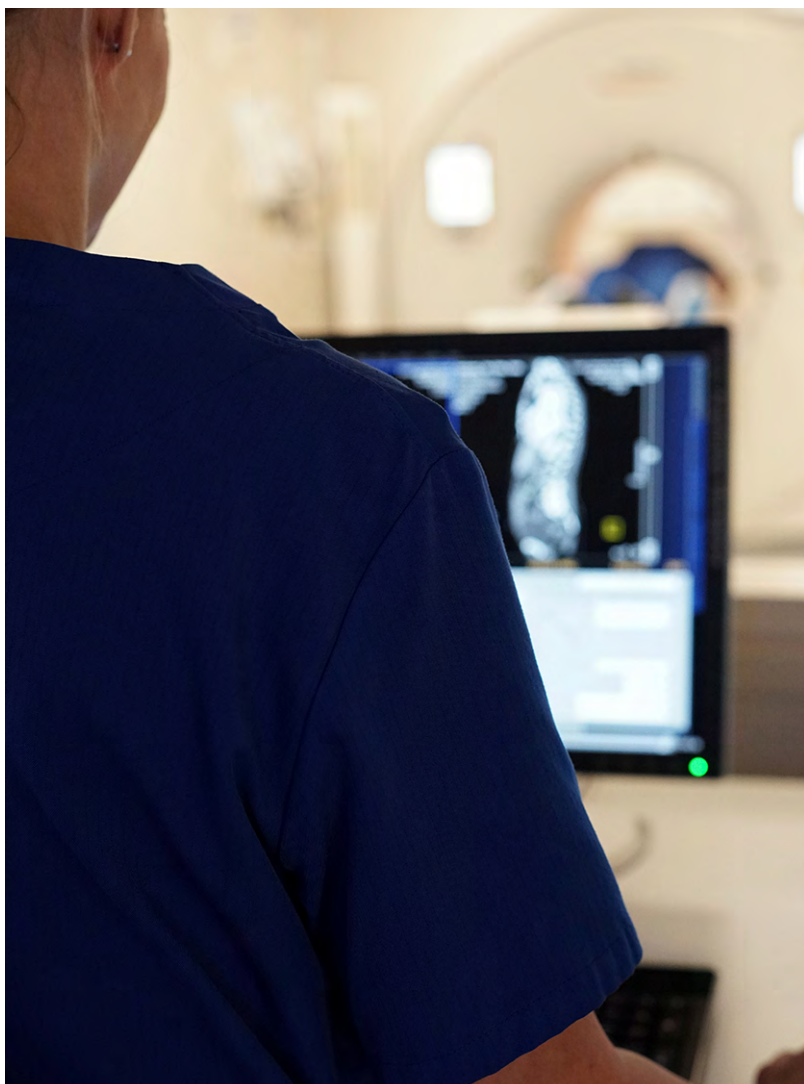
- Kuvausindikaatioon ja potilaan kokoon sopiva putkijännite (kV), putkivirran modulointi, pitch, pyörähdysaika ja varjoaineruiskutus.
- Tahdistettujen kuvausten optimaalinen säteilytysvaihe kuvausindikaatio huomioiden.
- Optimaalinen annostasoa ja rekonstruktioparametrit kliinisen indikaation ja käytettävissä olevan laitetekniikan mukaan.
- Elinkohtaisen putkivirran moduloinnin hyödyntäminen säteilyherkkien elinten säteilyannosten pienentämiseksi mahdollisuuksien mukaan.
- Lisäsuodatus korkeakontrastisten kohteiden kuvaamisessa.

Teknisten keinojen lisäksi tulee huomioida potilaan valmisteluun ja kuvaukseen liittyvät tärkeät tekijät:

- Kuvataan vain tarvittava kuvausalue.
- Potilaan selkeä ja hyvä informointi kuvauksen kulusta.
- Potilaan oikea keskitys pysty- ja vaakasuunnassa.
- Gantryn tai pään kallistaminen ohjeistuksen mukaisesti esim. pään kuvauksissa silmän linssin säteilyannoksen vähentämiseksi.

TAULUKKO 3. Kun säteilysojelman optimointi on tehty edellä mainitulla tavalla, voidaan TT-tutkimuksissa noudattaa seuraavaa suositusta:

Modaliteetti	Suositus	Symboli
Tietokonetomografia	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	



3.3 Kuvantaohjatut toimenpiteet

Kuvantaohjatulla toimenpiteellä tarkoitetaan kaikkia kuvantamisen avulla suoritettavia toimenpiteitä, joiden päämääränä on joko diagnosoida tai hoitaa sairauksia ja vammoja. Niitä voidaan suorittaa joko kiinteästi asennetuilla tai liikuteltavilla C-kaarilla tai muilla vastaavilla laitteilla. Kuvantaohjattuja toimenpiteitä voidaan tehdä radiologian osastolla tai radiologian osaston ulkopuolisessa yksikössä, esim. kardiologian yksikössä tai leikkausosastolla.

Kuvantaohjatun toimenpiteen erikoispiirre muihin modaliteetteihin verrattuna on se, että usein potilaan lisäksi myös henkilökunta on kuvaushuoneessa säteilyn käytön aikana. Näin ollen sekä potilaan että työntekijöiden säteilyturvallisuus tulee huomioida. Henkilökunnan annos on suoraan verrannollinen potilaan annokseen [25,26] ja lähes kaikki potilaan annoksen vähentämiseen käytetyt keinot vähentävät myös henkilökunnan altistusta. Tässä suosituksessa ei oteta kantaa henkilökunnan säteilysuojaukseen, vaan ainoastaan potilaan. Koska nämä asiat linkittyvät kuitenkin usein toisiinsa, tiivis yhteistyö sairaalafysiikon kanssa on suositeltavaa. Tulee myös huomioida, että TT-ohjatuissa toimenpiteisissä sovelletaan samanlaisia suosituksia kuin TT-kuvantamisessa muutoinkin.

Potilaan päälle tai alle laitettavien säteilysuojainten käyttö potilaan suojaksi ei ole suositeltavaa seuraavista syistä:


- C-kaarissa on usein automaattinen kuvausarvojen (mm. jännite, putkivirta ja aika) säätö (automatic brightness control, ABC). Sen avulla röntgenputki ja kuvailmaisim on kytketty yhteen siten, että röntgenputken säteilytuotto säädetään reaaliaikaisesti kohteen läpäisevyyden mukaan. Näin varmistetaan diagnostinen kuvanlaatu [2]. Laitteet nostavat kuvausarvoja suuren läpäisyvyyden tapauksessa, esim. kun kuvakenttä siirretään keuhkosta selkärankaan tai kun projektiio on jyrkkä. Jos säteilysuojain joutuu kuvakenttään, laite tulkitsee sen tiheäksi kohdaksi ja nostaa kuvausarvoja. Tämän seurauksena potilaan annos usein nousee suojausvaikutuksen sijaan. On huomionarvoista, että annoksen nousun suuruus on laite- ja tapauskohtainen (esim. riippuu siitä, millainen ohjelma on käytössä, mitä ABC:n mittakammiota käytetään tutkimuksessa tai jopa siitä mikä ikäinen laite on) ja siitä syystä laitteiston hyvä tuntemus on ensiarvoisen tärkeää.
- Kaikissa laitteissa ABC-säätöä ei välttämättä ole. Näissä laitteissa annos ei nouse, kun säteilysuojain on kuvakentässä, mutta kuvanlaatu huononee. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että kuvakentässä oleva säteilysuojain huonontaa kuvanlaatua. Suojaimen peitossa olevan kudoksen näkyvyys heikkenee ja on usein epädiagnostinen. Kuitenkin sen saama annos voi olla suurempi verrattuna tilanteeseen, jossa kudoksesta on rajattu kokonaan pois säteilykentästä. Lisäksi kuvakentässä oleva säteilysuojain voi hidastaa toimenpiteen kulkua ja pahimmillaan pidentää läpivalaisuaikaa.
- C-kaarella tehtävässä toimenpiteessä laitteen asento ja säteilytetty alue voivat vaihdella nopeasti toimenpiteen aikana. Tutkimukset ovat osoittaneet, että suojaimen vaikutus on tehokkain, jos se asetetaan korkeintaan 5 cm:n etäisyydelle kuvakentän ulkopuolelle [16]. Näiden kahden seikan takia voi olla haasteellista asettaa suojain niin, että se ei tule rajoittamaan C-kaaren liikkeitä ja projektiota. Pahimmillaan suojainta joudutaan siirtämään ja tämä voi pidentää toimenpiteen aikaa ja johtaa läpivalaisuajan pidentämiseen.
- Kuvakentässä oleva suojain voi haitata kuvan jälkikäsitteilyä.

Potilaan altistus säteilykentän ulkopuolella tulee pääasiallisesti sisäisestä sironnasta [27]. Potilaan säteilyannoksen minimoimiseksi tulee suosia mm. seuraavia keinoja:

- Rajataan säteilykenttä kohteen mukaan.
- Suositaan läpivalaisua kuvasarjojen sijaan.
- Suositaan suurta kenttäkokoa ja kaihtimien käyttämistä suurennoksen sijaan. Jos on kuitenkin tarvetta käyttää suurennosta, niin suositaan digitaalisen zoomin käyttämistä perinteisen sijaan.
- Suositaan matalaa pulssinopeutta (tai suurempaa pulssinopeutta, mutta säädetään annos per pussi matalaksi).
- Vältetään suuria C-kaaren kallistuksia [28].
- Suositaan oikeanlaista kuvausgeometriaa: pidetään detektori lähellä potilasta ja röntgenputki mahdollisimman kaukana.
- Minimoidaan läpivalaisu- ja kuvaus(cine)aikaa.

Laitteet kehittyvät kuitenkin nopeasti ja kehittyneet ominaisuudet voivat vähentää potilaan säteilyaltistusta. Esimerkiksi perinteisen suurennoksen käyttö voi nostaa potilaan ihoannosta luultua vähemmän. Laitteen hyvä tuntemus auttaa optimoinnissa ja potilaan suojaamisessa. Stenttien visualisointiohjelmistot parantavat stenttien näkyvyyttä, varsinkin obeeseilla potilailla. Erilaiset kuvafuusio-ohjelmistot mahdollistavat virtuaaliangiografian suorittamisen pienemmällä säteily- ja varjoainemäärällä [29].

TAULUKKO 4. Kun säteilysuojelun optimointi on tehty edellä mainitulla tavalla, voidaan kuvantaohjatuissa toimenpiteissä noudattaa seuraavaa suositusta:

Modaliteetti	Suositus	Symboli
Kuvantaohjatut toimenpiteet	Ulkoista säteilysuojainta potilaan suojaksi ei ole tarpeen käyttää.	

3.4 Suun alueen kuvantaminen

Suun alueen kuvantamisessa yksittäisen kuvauksen annos on pieni ja koostuu pääosin kilpirauhasen elinkohtaisesta annoksesta. Suojaimia käytettäessä kuvauksissa tulisi keskittyä kilpirauhasen suojaamiseen, jotta suojauksella olisi oleellista vaikutusta. Säteilysojaimen käytöllä ei tyypillisesti voida kuitenkaan saavuttaa olennaista hyötyä potilaan säteilyannoksen kannalta vaarantamatta tutkimusta. Erityisesti suojainten käyttö suun alueen kuvantamisessa ei ole suositeltavaa koska:

- Potilaan säteilysojaimet ovat panoraamakuvauksessa, kefalometriassa ja kartiokeilakuvantamisessa riski kuvauksen epäonnistumiselle, riittäväälle kuvanlaadulle ja aiheuttavat uusintakuvauksen riskin.
- Intraoraalikuvantamisessa kuvattavan potilaan efektiivinen annos riippuu merkittävästi kuvattavasta projektioista. Antropomorfisella testikohteella tehdyssä tutkimuksessa on todettu yhden projektion efektiivisen annoksen olevan aikuisella välillä 0,1–2,6 μSv [30]. Suurin efektiivinen annos syntyy okklusaalisessa projektiossa, jossa säteily kohdistuu suoraan kilpirauhasta kohti. Okklusaaliprojektion efektiivinen annos voi tutkimuksen mukaan olla alle 18-vuotiailla 2,22 μSv [31]. Suoraan kilpirauhaseen kohdistuvien projektioiden annosta voidaan suhteellisesti pienentää merkittävästi käyttämällä kilpirauhassuojaa, mutta muissa projektioissa suojan vaikutus on vähäinen [32]. Kokonaisuutena kilpirauhassasuojalla saavutettava absoluuttinen annoksen pienennys ei ole kuitenkaan oleellinen, sillä se vastaa alle vuorokauden ympäristön taustasäteilyä.
- Markkinoilla on yleismallisten säteilysojainten lisäksi erilaisia anatomisesti muotoiltuja säteilysojaimia, jotka voidaan esimerkiksi kefalometrisessä kuvauksessa asetella potilaan kilpirauhasen ja aivojen suojaksi niin, että ne eivät peitä oleellisia rakenteita [33]. Näiden suojainten asettelu edellyttää kuitenkin huomattavaa tarkkuutta merkittävän suojaavan vaikutuksen saavuttamiseksi. Anatomisten suojainten käyttö ei vähennä säteilyaltistusta kokonaisuudessaan oleellisesti.
- Raskaana olevien potilaiden suun alueen kuvantamistutkimuksissa sikiön säteilyaltistus on hyvin pieni. Tutkimuksen perusteella tätä annosta voidaan pienentää entisestään suojaamalla raskaana olevan alavatsaa säteilysojaimella, mutta suojauksen vaikutus säteilyriskiin kokonaisuutena on merkityksettömän pieni [34].
- Kartiokeilatietokonetomografiakuvauksissa (KKT) potilaan säteilysojaimen käyttö kilpirauhasen alueella voi tutkimusten perusteella alentaa potilaan säteilyannosta merkittävästi silloin kun suora säteilykenttä osuu kilpirauhasen alueelle, mutta samalla se aiheuttaa merkittävän riskin kuvanlaadun huonontumiselle sijaitessaan kuvakentässä [35–37]. KKT-kuvauksissa potilaan säteilyannoksen rajoittamisen tulee tapahtua rajaamalla kuvakenttää niin, että kilpirauhanen jää kuvakentän ulkopuolelle, jolloin ulkoisella potilaan säteilysojaimella ei saavuteta merkittävää hyötyä [38]. Kun käytetään automaattisen annoksen säädön sisältäviä laitteita, potilaan säteilysojain aiheuttaa huomattavan lisääntyneen riskin automatiikan virhetoiminnalle [39]. Heikentyneen kuvanlaadun ja laitteen virhetoiminnan riski kumoaa potentiaalisesti potilaan säteilysojaimen käytöllä saavutettavan hyödyn.

Potilaan säteilyannosta voidaan suun alueen kuvantamisessa pienentää tehokkaasti kuvauksen optimoinnilla:

- Tarkalla kuvausalueen rajauksella voidaan vaikuttaa potilaan säteilyannokseen merkittävästi kaikilla suun alueen kuvantamiseen tarkoitetuilla kuvantamismodaliteeteilla. Suorakaiteen muotoisen keilanrajaimen käyttö intraoraalilaitteilla on suun alueen kuvantamisessa suositeltavaa. Panoraamakuvauslaitteilla, kefalometrisillä laitteilla ja KKTT-laitteilla kuvausalue tulee rajata niin pieneksi kuin käytännöllisesti on mahdollista. [40–42] .
- Käytettävät kuvausasetukset tulee optimoida kuvauskohteen mukaisesti. Nykyaikaisten laitteiden automaattiset annossäätömahdollisuudet auttavat käyttäjää kuvauksen optimoinnissa.
- Suun alueen kuvantamisessa käytettävät erilaiset potilaan asettelua helpottavat välineet vähentävät uusintakuvien tarvetta ja pienentävät siten potilaan säteilyannosta.

TAULUKKO 5. Kun säteilysuojelun optimointi on tehty edellä mainitulla tavalla, voidaan suun alueen kuvantamisessa noudattaa seuraavia modaliteettiokohtaisia suosituksia:

Modaliteetti	Suositus	Symboli
Intraoraalikuvantaminen	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Panoraamakuvaus	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Kefalometria	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Kartiokeilatietokonetomografia	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	




3.5 Mammografia

Mammografiatutkimuksissa säteilyn primäärkenttä on kohdistettu pelkästään kuvattavaan rintaan, minkä vuoksi ulkoisia säteilysuojaimia ei voi käyttää rintojen säteilyannoksen vähentämiseksi. Mammografiatutkimuksissa käytettävän matalan jännitteen ja kuvauskohteen ohuuden vuoksi siroava säteily on hyvin vähäistä [43]. Mikäli kuvakentän lähettyville asetellaan säteilysuojain, riski artefakteista tai kuvauksen epäonnistumisesta (esim. liiallisen säteilyannoksen vuoksi) on paljon suurempi kuin mahdollisen annossäästön tuoma hyöty. Muihin säteilyherkkiin kudoksiin (mm. silmän linssi, kilpirauhanen, sylkirauhaset, luuydin) kohdistuva säteily on erittäin vähäistä tai olematonta nykylaitteistoilla suoritetuissa mammografiatutkimuksissa. Muihin elimiin kohdistuva säteily tulee pääosin rintojen kautta tulevasta sisäisesti siroavasta säteilystä. [20,44]

Ulkoisten säteilysuojien sijaan mammografiassa kannattaa optimoida tutkimus valmistelemalla potilas ja kuvauskohde projektion edellyttämällä tavalla [45], sekä optimoimalla kuvausparametrit kuvauskohteen mukaisesti.

TAULUKKO 6. Kun säteilysuojelun optimointi on tehty edellä mainitulla tavalla, voidaan mammografiassa noudattaa seuraavaa suositusta:

Modaliteetti	Suositus	Symboli
Mammografia	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	

4 Tutkimuskohteiden erityispiirteitä

Tutkimusnäyttö eri elinten, kudosten ja tutkimuskohteiden säteilyherkkyydestä tarkentuu jatkuvasti. Tässä luvussa on käyty lyhyesti läpi oleellisten tutkimuskohteiden osalta niiden tunnettu säteilyherkkyys ja yleisesti tähän pohjautuen arvioitu erityinen säteilysuojainten käytön tarve.

4.1 Sukurauhaset

Sukurauhasia eli gonadeja ovat umpirauhasiin kuuluvat munasarjat ja kivekset. Aiemmin ajateltiin, että sukurauhaset ovat ihmiskehon tärkein säteilyltä suojattava kohde, mutta säteilyn geneettisiä vaikutuksia ei kuitenkaan ole havaittu myöhemmissä ihmistutkimuksissa. Tämän takia kansainvälinen säteilysuojelukomissio ICRP alensi vuonna 2007 sukurauhasten kudoksen efektiivisen annoksen laskennassa käytettävää painokerrointa aiemmasta 0,2 nykyiseen 0,08 [46]. Tyypillisesti lääketieteellisessä kuvantamisessa käytetyillä säteilyannoksilla sukurauhasten säteilyannoksen perinnöllisiä vaikutuksia pidetään merkityksettöminä.


Kuvausalueen ulkopuolella sukurauhasten säteilyriskin väheneminen säteilysuojaimia käyttämällä on mitätön iästä riippumatta. Sukurauhasten säteilyannos kertyy lähinnä potilaan sisäisestä sironnasta, jota ei voida vähentää ulkoisia suojaimia käyttämällä. Suojaimista saattaa olla jopa haittaa, mikäli suojaimet tulevat rajausvirheen tai potilaan liikkumisen seurauksena kuvausalueelle. [2,46,47]

Säteilysuojien käyttö sukurauhasten ollessa kuvakentässä ei ole perusteltua, sillä mahdolliset haitat ovat suuremmat kuin oikein asetellun suojan tuomat hyödyt. Suojan asettelu siten, että saavutettaisiin merkittävää annoksen pienenemistä sukurauhasten alueella, on haastavaa erityisesti munasarjojen suojaamiseksi [48,49].

Kuvakenttään asetettu säteilysuojain saattaa peittää tutkimuksen kohteena olevia anatomisia alueita ja laitteen annosautomaattikka saattaa häiriintyä. Tekniikan kehittyessä ja sen tuoman kokonaisannoksen pienentymisen myötä sukurauhasten suojaaminen aikuisilla eikä edes lapsilla ole enää perusteltua mahdollisten haittavaikutusten vuoksi [47,50].

Myös TT-kuvauksessa suojilla saavutettavissa oleva mahdollinen hyöty [51] on pieni verrattuna muihin käytössä oleviin optimointitekniikoihin (esim. sukurauhasten rajaaminen kuvausalueen ulkopuolelle). Jos suojat joutuisivat kuvausalueen välittömään läheisyyteen, riskinä on metalliartefaktin ohella kokonaisannoksen nousu, kun laitteen annosautomaattikan toiminta häiriintyy [52].

TAULUKKO 7. Tutkimuskohteen erityispiirteet huomioiden voidaan sukurauhasten osalta noudattaa seuraavaa suositusta:

Tutkimuskohde	Suositus	Symboli
Sukurauhaset	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	

4.2 Kilpirauhanen


Kilpirauhasen suojaamiseksi on perinteisesti käytetty kilpirauhassuojaa erityisesti intraoraalikuvantamisessa. Syöpäriski suun alueen kuvantamisessa ei ole kuitenkaan sen suurempi kuin muussa röntgenkuvantamisessa [53].

Perusteluna suojan käytölle erityisesti suun alueen kuvantamisessa on esitetty suuria kuvausmääriä ja sitä, että oikein aseteltuna kilpirauhassuojalla on saavutettavissa merkittävää kilpirauhasannoksen suhteellista pienentymistä [40,54,55]. Yksittäisen kuvan aiheuttama absoluuttinen annos on kuitenkin häviävän pieni verrattuna yleisesti röntgenkuvantamisen potilasannokseen [30]. Suojan asetteleminen primäärkenttään siten, että se peittää kohteen, mutta ei peitä tutkimuksen kohteena olevia anatomisia alueita on haastavaa [33]. Lisäksi kuva-alueella oleva suoja voi haitata valotusautomaatiikan toimintaa ja kuvan prosessointia. Kilpirauhassuojan käyttäminen kuvakentän alueella ei ole perusteltua.

Kun kilpirauhanen ei ole kuva-alueella, kilpirauhassuojaimen säteilyannosta pienentävä vaikutus on minimaalinen eikä sen käyttämisellä ole oleellista hyötyä potilaan säteilyaltistuksen kannalta [33]. Tällöin on kuitenkin riski, että suoja tulee vahingossa kuvausalueelle, joka voi heikentää kuvanlaatua tai jopa nostaa kokonaissäteilyannosta.

Kuvattavan potilaan efektiivinen annos riippuu merkittävästi kuvattavasta projektiosta ja optimoinnilla sekä huolellisella röntgenputken ja detektorin asettelulla on mahdollista vähentää kilpirauhasen säteilyannosta merkittävästi ilman suojan käyttöäkin. Optimointikeinoja on lueteltu edellä kappaleessa 3.4.

TAULUKKO 8. Tutkimuskohteen erityispiirteet huomioiden voidaan kilpirauhasen osalta noudattaa seuraavaa suositusta:


Tutkimuskohde	Suositus	Symboli
Kilpirauhanen	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	

4.3 Rinnat

Rintarauhaskudos on erittäin herkkää säteilylle erityisesti alle 30-vuotiailla ja imettävillä [1,56]. Jotta rinnan suojaus olisi tehokas, tulisi suojaimen peittää kokonaan rintojen pinta. Suojaimen ollessa kuvausalueen sisällä se voisi kuitenkin heikentää kuvanlaatua ja aiheuttaa uusintakuvauksen. Lisäksi annosautomaattikka voisi nostaa kokonaisannosta, jolloin rinnoille käytettävän säteilysuojaimen suojausvaikutus heikkenee ja rintojen läheisyydessä sijaitsevien säteilyherkkien elinten (keuhkot ja sydän) säteilyannos kasvaa [46]. Kuvausalueen ulkopuolella säteilyannoksen on raportoitu johtuvan lähinnä potilaan kehon sisällä tapahtuvasta sironnasta ja rintojen säteilysuojaimien suojausvaikutuksen on raportoitu olevan minimaalista [57,58].

Rintojen säteilyannoksen pienentämiseksi on perinteisesti käytetty keuhkojen röntgenkuvia otettaessa PA-projektioita AP-projektion sijaan. Tämä on hyvä käytäntö, sillä PA-projektiossa rintarauhaskudos on kauempana röntgenputkesta kuin AP-projektiossa. Projektiosuunnan valinnalla voidaan merkittävästi vähentää kudokseen absorboituvaa säteilyannosta [59]. Samaa periaatetta voidaan soveltaa myös TT-laitteen asettelukuvissa. TT-laitteisiin on tuotu viime aikoina muitakin optimointikeinoja rintojen annoksen pienentämiseksi (esim. putkivirran modulaatio) ja niitä kannattaa aina mahdollisuuksien mukaan hyödyntää. Edistyneempien optimointikeinojen käyttöönotossa kannattaa aina konsultoida sairaalafyysikkoa.

TAULUKKO 9. Tutkimuskohteen erityispiirteet huomioiden voidaan rintojen osalta noudattaa seuraavaa suositusta:

Tutkimuskohde	Suositus	Symboli
Rinta	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	

4.4 Silmän linssi

Silmän linssin säteilyyn liittyvä riski ei liity muiden kudosten tapaan syöpäriskiin, vaan kaihiin ja linssin samentumiseen. Viimeisimmän tutkimustiedon mukaan silmän linssillä on matalampi kynnyksensä säteilyhaitoille ja nykyinen ICRPn antama raja-arvo onkin laskettu 500 mGy:hin [60]. On myös tutkimuksia, joiden mukaan deterministisen raja-arvon sijaan kaihin ilmaantuminen jo alemmilla annoksilla stokastisesti ilman tiettyä raja-arvoa olisi mahdollista [61–63].

Paras keino silmän linssin säteilyannoksen minimoimiseksi natiiviröntgenkuvauksissa on optimoitu kentän rajausta ja PA-projektion käyttäminen. Hyvän käytännön mukaista on myös kääntää kasvojen suunta pois primäärisäteilystä mahdollisuuksien mukaan.


Toistuvat TT-tutkimukset altistavat silmän linssin mahdollisesti huomattavillekin säteilyannoksille. Yksittäisissä TT-tutkimuksissa silmän linssin annos päähän kohdistuvissa tutkimuksissa voi olla 1–130 mGy, riippuen käytetystä protokollasta ja laitetypistä [64,65]. Rintakehään kohdistuvissa TT-tutkimuksissa silmän linssin annos on noin 0,06 mGy [66]. TT-tutkimuksissa silmän linssin suojaamiseen käytettävät ulkoiset suojat voivat pienentää silmän

linssin annosta, mutta samalla kuitenkin huonontaa kuvanlaatua [67,68]. TT-tutkimuksissa muut säteilyn optimointikeinot (kuvasalueen rajausta, potilaan oikea keskitys, gantryn kallistaminen, potilaan asettelu, putkivirtamodulaatio, sopivat rekonstruktioalgoritmit) ovat tehokkaampia linssiannoksen minimoinnissa ilman ulkoisten suojien aiheuttamia haittoja [69,70].

Toimenpideradiologiassa päähän kohdistuneissa toimenpiteissä silmän linssin annos voi olla 500–1500 mGy, riippuen suuresti tehdystä toimenpiteestä [71]. Käytetyn kulman ja kentän rajauksen optimointi sekä säteilyn päällä oloajan minimointi ovat tärkeitä optimointikeinoja.

Hammasröntgenkuvauksissa silmän linssin annokset vaihtelevat 0,02–0,2 mGy:n välillä kuvausmodaliteetista riippuen [72–74]. Useimmissa tutkimuksissa silmän linssin suojaaminen ulkoisilla suojaimilla ei ole mahdollista ilman tutkimuksen kohteena olevien kohteiden peittymistä.

TAULUKKO 10. Tutkimuskohteen erityispiirteet huomioiden voidaan silmän linssille noudattaa seuraavaa suositusta:

Tutkimuskohde	Suositus	Symboli
Silmän linssi	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	



4.5 Sikiö

Suorien sikiövaurioiden kynnsarvo on tyypillisesti arvioitu huomattavasti suuremmaksi kuin kuvantamistutkimuksista keskimäärin sikiölle aiheutuva annos [6]. On arvioitu, että alle 100 mGy:n annokset aiheuttavat matalan tai hyvin matalan riskin sikiölle [75–77]. Taulukossa 11 on listattuna tyypillisten tutkimusten sikiön annoksia, mitkä ovat trauma-TT:tä lukuun ottamatta kaikki selvästi alle 10 mGy. Säteilyn satunnaisvaikutusten ja mahdollisen syöpäriskin vuoksi sikiöannosten välttäminen on kuitenkin tarpeen. Vaikutuksen todennäköisyys liittyy sikiön kehitysvaiheeseen [75]. Keinot sikiön annoksen minimoimiseksi ovat samoja kuin kyseisillä modalityteilla potilaan suojaamisessa muutoinkin (ks. Luku 2).


TAULUKKO 11. Sikiön altistuksen annosarvioita tyypillisissä kuvantamistutkimuksissa.

Tutkimus	Sikiön annos (mGy)	Viite
Vatsan ja lantion natiiviröntgentutkimukset	0,001–4	[75,78]
Muut kuin vatsan tai lantion natiiviröntgentutkimukset	< 0,003	[82]
Suun alueen kuvantaminen	0,0001–0,007	[34,69]
Mammografia	< 0,01	[45,86]
Keuhkojen TT-tutkimukset	0,1–1	[79]
Vatsan ja lantion TT-tutkimukset	1–6	[79,80]
Trauma-TT	10–100	[79,81]
Kuvantaohjatut toimenpiteet, joissa sikiö ei ole suoraan kuvakentässä	< 1	[83–85]

Sikiötä on lähes mahdotonta suojata kehon päälle asetettavilla suojilla. Tutkimusten mukaan ulkoisten säteilysuojainten käytöllä on rajallinen hyöty sikiön saaman säteilyannoksen minimoimisessa, sillä suurin osa muuhun kuin vatsaan tai lantioon kohdistuvan kuvauksen aiheuttamasta sikiön säteilyannoksesta aiheutuu potilaan sisällä tapahtuvasta siroavasta säteilystä [69].

Jos tutkimuksessa kohdistetaan säteilyä lähelle vatsaa tai lantiota, raskaana olevan kuvaus pyritään siirtämään myöhemmäksi tai korvaamaan tutkimuksella, josta säteilyaltistusta ei aiheudu [87]. Lähettävän lääkärin tekemä oikeutusarvio on tärkeässä roolissa sikiön säteilylle altistavissa tutkimuksissa. Jos ionisoivaa säteilyä käytävä tutkimus nähdään kuitenkin tarpeelliseksi, sikiön annoksen pienentämiseksi on tehtävä kaikki mahdolliset toimenpiteet (kuvakentän rajausta, potilaan asettelu, kuvien määrän minimointi).

TAULUKKO 12. Tutkimuskohteen erityispiirteet huomioiden voidaan sikiölle noudattaa seuraavaa suositusta:

Tutkimuskohde	Suositus	Symboli
Sikiö	Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	

4.6 Lapset


Lapsille voidaan käyttää samoja suosituksia säteilysuojainten käytöstä kuin aikuisille.

Lasten ionisoivaa säteilyä käyttävien kuvantamistutkimusten optimoinnille on asetettu erityisvaatimuksia lasten aikuisia suuremman säteilyherkkyyden vuoksi. Lasten suurempi herkkyys säteilylle johtuu ennen kaikkea kolmesta tekijästä [88]:

- Aikuisia runsaampi solujen jakautuminen herkistää mm. säteilyn aiheuttamille solutason muutoksille
- Pitkä odotettavissa olevan elinikä lisää säteilyn tilastollisten haittavaikutusten esiintymisen todennäköisyyttä.
- Säteilylle herkät sisäelimet sijaitsevat lapsilla keskimäärin lähempänä ihoa aikuisiin verrattuna, jolloin säteily ei vaimene kudoksessa niin paljon ennen sisäelimiin osumista.

Kokonaisuutena lasten suurempi säteilyherkkyys ei kuitenkaan minkään kuvantamismodaliteetin tai elimen osalta muuta tilannetta siten, että säteilysuojaimen käytöllä saavutettaisiin oleellisesti erilainen hyöty kuin aikuisilla. [46,89]









TAULUKKO 13. Tutkimuskohteen erityispiirteet huomioiden voidaan lapsille noudattaa seuraavaa suositusta:

Tutkimuskohde	Suositus	Symboli
Lapset	Suojataan kuten aikuiset. Ulkoista säteilysuojainta ei ole tarpeen käyttää.	

5 Yhteenveto

5.1 Modaliteettikohtaiset suositukset

TAULUKKO 14. Kun säteilysojelman optimointi on tehty edellä mainitulla tavalla, voidaan noudattaa seuraavia modaliteettikohtaisia suosituksia:

Modaliteetti	Suositus	Symboli
Yleinen radiologia		
Natiivikuvantaminen	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Tietokonetomografia	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Kuvantaohjatut toimenpiteet	Ulkoista säteilysojainta potilaan suojaamiseksi ei ole tarpeen käyttää.	
Mammografia	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Suun alueen kuvantaminen		
Intraoraalikuvantaminen	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Panoraamakuvaus	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Kefalometria	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Kartiokellatietokonetomografia	Ulkoista säteilysojainta ei ole tarpeen käyttää.	

5.2 Tutkimuskohdekohtaiset suositukset

TAULUKKO 15. Kun säteilysoojelun optimointi on tehty edellä mainitulla tavalla, voidaan noudattaa seuraavia tutkimuskohdekohtaisia suosituksia:

Tutkimuskohde	Suositus	Symboli
Sukurauhaset	Ulkoista säteilysoojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Kilpirauhanen	Ulkoista säteilysoojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Rinta	Ulkoista säteilysoojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Silmän linssi	Ulkoista säteilysoojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Lapset	Suojataan kuten aikuiset. Ulkoista säteilysoojainta ei ole tarpeen käyttää.	
Sikiö	Ulkoista säteilysoojainta ei ole tarpeen käyttää.	



Viitteet

1. Hiles P, Gilligan P, Damilakis J et al. European consensus on patient contact shielding. *Radiography* 2022;28:353–9.
2. Marsh RM, Silosky M. Patient Shielding in Diagnostic Imaging: Discontinuing a Legacy Practice. *American Journal of Roentgenology* 2019;212:755–7.
3. Karami V, Zabihzadeh M, Shams N et al. Gonad Shielding during Pelvic Radiography: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Iran Med* 2017;20:113–23.
4. Kaplan SL, Magill D, Felice MA et al. Female gonadal shielding with automatic exposure control increases radiation risks. *Pediatr Radiol* 2018;48:227–34.
5. Martin CJ. Effective dose: how should it be applied to medical exposures? *Br J Radiol* 2007;80:639–47.
6. AAPM. AAPM Position Statement on the Use of Patient Gonadal and Fetal Shielding PP 32-A. 2019.
7. Lee MC, Lloyd J, Solomito MJ. Poor Utility of Gonadal Shielding for Pediatric Pelvic Radiographs. *Orthopedics* 2017;40, DOI: 10.3928/01477447-20170418-03.
8. Balter S, Rodriguez MA, Pike JA et al. Microbial Contamination Risk and Disinfection of Radiation Protective Garments. *Health Phys* 2021;120:123–30.
9. Jaber M, Harvill M, Qiao E. Lead aprons worn by interventional radiologists contain pathogenic organisms including MRSA and tinea species. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2014;25:S99–100.
10. Manocchio F, Ni T, Pron G et al. Lead-Dust Contamination on Radiation Protection Apparel. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2023;34:563–7.
11. Iball GR, Brett DS. Use of lead shielding on pregnant patients undergoing CT scans: Results of an international survey. *Radiography* 2011;17:102–8.
12. Iball GR, Brett DS. Patient and radiographer perspectives of two lead shielding devices for foetal dose reduction in CT scanning. *Radiography* 2011;17:297–303.

13. Siewert B, Brook OR, Mullins MM et al. Practice Policy and Quality Initiatives: Strategies for Optimizing Staff Safety in a Radiology Department. *RadioGraphics* 2013;33:245–61.
14. Kellens P-J, De Hauwere A, Gossye T et al. Integrity of personal radiation protective equipment (PRPE): a 4-year longitudinal follow-up study. *Insights Imaging* 2022;13:183.
15. Rahul G. Radiation Protection Apparels Market Research Report., 2023.
16. ICRP Publication 121: Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology. *Ann ICRP* 2013;42:1–63.
17. ICRP Publication 34: Protection of the Patient in Diagnostic Radiology. *Ann ICRP* 1982;9:1–91.
18. FAWCETT SL, BARTER SJ. The use of gonad shielding in paediatric hip and pelvis radiographs. *Br J Radiol* 2009;82:363–70.
19. Samara ET, Saltybaeva N, Sans Merce M et al. Systematic literature review on the benefit of patient protection shielding during medical X-ray imaging: Towards a discontinuation of the current practice. *Physica Medica* 2022;94:102–9.
20. Hiles P, Benson E, Hughes H et al. Guidance on Using Shielding on Patient (the British Institute of Radiology). London, 2020.
21. Yu L, Bruesewitz MR, Vrieze TJ et al. Lead Shielding in Pediatric Chest CT: Effect of Apron Placement Outside the Scan Volume on Radiation Dose Reduction. *American Journal of Roentgenology* 2019;212:151–6.
22. Wang J, Duan X, Christner JA et al. Radiation dose reduction to the breast in thoracic CT: Comparison of bismuth shielding, organ-based tube current modulation, and use of a globally decreased tube current. *Med Phys* 2011;38:6084–92.
23. AAPM. AAPM Position Statement on the Use of Bismuth Shielding for the Purpose of Dose Reduction in CT scanning. 2012.
24. Rautiainen J, Juntunen MAK, Kotiaho AO. The effect of out-of-plane patient shielding on ct radiation exposure and tube current modulations: a phantom study across three vendors. *Radiat Prot Dosimetry* 2022;198:229–37.
25. IAEA. 10 Pearls: Radiation Protection of Staff in Fluoroscopy.
26. IAEA. Radiation protection of medical staff in interventional procedures.

27. Phelps AS, Gould RG, Courtier JL et al. How Much Does Lead Shielding during Fluoroscopy Reduce Radiation Dose to Out-of-Field Body Parts? *J Med Imaging Radiat Sci* 2016;47:171–7.
28. Järvinen H (toim.). Säteilyn käytön turvallisuus kardiologiassa. STUK opastaa. Säteilyturvakeskus, 2018.
29. Fresse-Warin K, Plessis J, Benelhadj H et al. Impact of fused computed tomography and fluoroscopy in the catheterization laboratory. *Arch Cardiovasc Dis* 2018;111:449–55.
30. Granlund C, Thilander-Klang A, Ylhan B et al. Absorbed organ and effective doses from digital intra-oral and panoramic radiography applying the ICRP 103 recommendations for effective dose estimations. *Br J Radiol* 2016;89:20151052.
31. Schüler IM, Hennig C-L, Buschek R et al. Radiation Exposure and Frequency of Dental, Bitewing and Occlusal Radiographs in Children and Adolescents. *J Pers Med* 2023;13:692.
32. Hoogeveen RC, Hazenoot B, Sanderink GCH et al. The value of thyroid shielding in intraoral radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2016;45:20150407.
33. Hoogeveen RC, Rottke D, van der Stelt PF et al. Dose reduction in orthodontic lateral cephalography: dosimetric evaluation of a novel cephalographic thyroid protector (CTP) and anatomical cranial collimation (ACC). *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44:20140260.
34. Kellaranta A, Ekholm M, Toroi P et al. Radiation exposure to foetus and breasts from dental X-ray examinations: effect of lead shields. *Dentomaxillofacial Radiology* 2016;45:20150095.
35. Goren A, Prins R, Dauer L et al. Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofacial Radiology* 2013;42:20120260.
36. Hidalgo A, Davies J, Horner K et al. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom. *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44:20140285.
37. Vogiatzi T, Menz R, Verna C et al. Effect of field of view (FOV) positioning and shielding on radiation dose in paediatric CBCT. *Dentomaxillofacial Radiology* 2022;51, DOI: 10.1259/dmfr.20210316.

38. Kaasalainen T, Ekholm M, Siiskonen T et al. Dental cone beam CT: An updated review. *Physica Medica* 2021;88:193–217.
39. Pauwels R, Horner K, Vassileva J et al. Thyroid shielding in cone beam computed tomography: recommendations towards appropriate use. *Dentomaxillofacial Radiology* 2019;48:20190014.
40. Rush ER, Thompson NA. Dental radiography technique and equipment: How they influence the radiation dose received at the level of the thyroid gland. *Radiography* 2007;13:214–20.
41. Van Acker JWG, Pauwels NS, Cauwels RGEC et al. Outcomes of different radioprotective precautions in children undergoing dental radiography: a systematic review. *European Archives of Paediatric Dentistry* 2020;21:463–508.
42. Johnson KB, Ludlow JB. Intraoral radiographs. *The Journal of the American Dental Association* 2020;151:726–34.
43. Sechopoulos I, Suryanarayanan S, Vedantham S et al. Radiation Dose to Organs and Tissues from Mammography: Monte Carlo and Phantom Study. *Radiology* 2008;246:434–43.
44. Candela-Juan C, Ciraj-Bjelac O, Sans Merce M et al. Use of out-of-field contact shielding on patients in medical imaging: A review of current guidelines, recommendations and legislative documents. *Physica Medica* 2021;86:44–56.
45. Kalliomäki H, Soikkeli H eds. *Mammografian Kuvausopas* 2021. Suomen röntgenhoitajaliitto ry., 2021.
46. ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 2007;37.
47. Jeukens CRLPN, Kütterer G, Kicken PJ et al. Gonad shielding in pelvic radiography: modern optimised X-ray systems might allow its discontinuation. *Insights Imaging* 2020;11:15.
48. Fawcett SL, Gomez AC, Barter SJ et al. More harm than good? The anatomy of misguided shielding of the ovaries. *Br J Radiol* 2012;85:e442–7.
49. Yoneda A, Fujii H, Tanaka Y. Location of the ovaries in children and efficacy of gonadal shielding in hip and pelvis radiography. *Journal of Orthopaedic Science* 2022, DOI: 10.1016/j.jos.2022.07.012.

50. Frantzen MJ, Robben S, Postma AA et al. Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: disadvantages prevail over benefit. *Insights Imaging* 2012;3:23–32.
51. Dauer LT, Casciotta KA, Erdi YE et al. Radiation dose reduction at a price: the effectiveness of a male gonadal shield during helical CT scans. *BMC Med Imaging* 2007;7:5.
52. Begano D, Söderberg M, Bolejko A. To use or not use patient shielding on pregnant women undergoing ct pulmonary angiography: a phantom study. *Radiat Prot Dosimetry* 2020;189:458–65.
53. Han MA, Kim JH. Diagnostic X-Ray Exposure and Thyroid Cancer Risk: Systematic Review and Meta-Analysis. *Thyroid* 2018;28:220–8.
54. Qu X, Li G, Sanderink G et al. Dose reduction of cone beam CT scanning for the entire oral and maxillofacial regions with thyroid collars. *Dentomaxillofacial Radiology* 2012;41:373–8.
55. Han G-S, Cheng J-G, Li G et al. Shielding effect of thyroid collar for digital panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2013;42:20130265.
56. Cohen SL, Wang JJ, Chan N et al. CT pulmonary angiography in pregnancy: Specific conversion factors to estimate effective radiation dose from dose length product: A retrospective cross-sectional study across a multi-hospital integrated healthcare network. *Eur J Radiol* 2021;143:109908.
57. Mekiš N, Zontar D, Skrk D. The effect of breast shielding during lumbar spine radiography. *Radiol Oncol* 2013;47:26–31.
58. Liu H, Zhuo W, Chen B et al. Patient doses in different projections of conventional diagnostic X-ray examinations. *Radiat Prot Dosimetry* 2008;132:334–8.
59. Tapiovaara M, Pukkila O, Miettinen A. Röntgensäteily diagnostiikassa. Kirjassa: Säteilyn käyttö. Säteilyturvakeskus, 2004.
60. ICRP Publication 118: ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. *Ann ICRP* 2012;41.
61. Chylack LT, Peterson LE, Feiveson AH et al. NASA Study of Cataract in Astronauts (NASCA). Report 1: Cross-Sectional Study of the Relationship of Exposure to Space Radiation and Risk of Lens Opacity. *Radiat Res* 2009;172:10–20.

62. Worgul B V., Kundiyeve YI, Sergiyenko NM et al. Cataracts among Chernobyl Clean-up Workers: Implications Regarding Permissible Eye Exposures. *Radiat Res* 2007;167:233–43.
63. Minamoto A, Taniguchi H, Yoshitani N et al. Cataract in atomic bomb survivors. *Int J Radiat Biol* 2004;80:339–45.
64. Ota J, Yokota H, Kobayashi T et al. Head CT dose reduction with organbased tube current modulation. *Med Phys* 2022;49:1964–71.
65. Poon R, Badawy MK. Radiation dose and risk to the lens of the eye during CT examinations of the brain. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2019;63:786–94.
66. Vázquez-Bañuelos J, Campillo-Rivera GE, García-Duran Á et al. Doses in eye lens, thyroid, and gonads, due to scattered radiation, during a CT radiodiagnosis study. *Applied Radiation and Isotopes* 2019;147:31–4.
67. Zhang D, Cagnon CH, Villablanca JP et al. Peak Skin and Eye Lens Radiation Dose From Brain Perfusion CT Based on Monte Carlo Simulation. *American Journal of Roentgenology* 2012;198:412–7.
68. Huggett J, Mukonoweshuro W, Loader R. A phantom-based evaluation of three commercially available patient organ shields for computed tomography X-ray examinations in diagnostic radiology. *Radiat Prot Dosimetry* 2013;155:161–8.
69. Hiles P, Gilligan P, Damilakis J et al. European consensus on patient contact shielding. *Insights Imaging* 2021;12:194.
70. Lawrence S, Seeram E. The Current Use and Effectiveness of Bismuth Shielding in Computed Tomography: A Systematic Review. *Radiol Open J* 2017;2:7–16.
71. Safari MJ, Wong JHD, Kadir KAA et al. Real-time eye lens dose monitoring during cerebral angiography procedures. *Eur Radiol* 2016;26:79–86.
72. Campillo-Rivera GE, Vázquez-Bañuelos J, García-Duran Á et al. Doses in eye lens, thyroid, salivary glands, mammary glands, and gonads, due to radiation scattered in dental orthopantomography. *Applied Radiation and Isotopes* 2019;146:57–60.
73. Nasrepour F, Karami V, Gholami M. An Estimate of Radiation Dose to the Lens of the Eyes, Parotid Gland, and Thyroid Gland in Dental Panoramic Radiography. *Iranian Journal of Medical Physics* 2019;16:425–9.
74. Kanzaki T, Takahashi Y, Yarita K. Absorbed dose to the eye lens during dental radiography. *Oral Radiol* 2017;33:246–50.

75. Brent R, Frush D, Gorson R et al. Report No. 174 – Preconception and Prenatal Radiation Exposure: Health Effects and Protective Guidance., 2013.
76. Ursprung WM, Howe JW, Yochum TR et al. Plain Film Radiography, Pregnancy, and Therapeutic Abortion Revisited. *J Manipulative Physiol Ther* 2006;29:83–7.
77. Guilbaud L, Beghin D, Dhombres F et al. Pregnancy outcome after first trimester exposure to ionizing radiations. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 2019;232:18–21.
78. Chaparian A, Aghabagheri M. Fetal radiation doses and subsequent risks from X-ray examinations: Should we be concerned? *Iran J Reprod Med* 2013;11:899–904.
79. Kellaranta A, Mäkelä T, Kaasalainen T et al. Fetal radiation dose in three common CT examinations during pregnancy – Monte Carlo study. *Physica Medica* 2017;43:199–206.
80. Qu S, Liu H, Xie T et al. Patientspecific fetal radiation dosimetry for pregnant patients undergoing abdominal and pelvic CT imaging. *Med Phys* 2023;50:3801–15.
81. Abback P-S, Benchetrit A, Delhaye N et al. Multiple trauma in pregnant women: injury assessment, fetal radiation exposure and mortality. A multicentre observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2023;31:22.
82. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD et al. Radiation Exposure and Pregnancy: When Should We Be Concerned? *RadioGraphics* 2007;27:909–17.
83. Kuba K, Wolfe D, Schoenfeld AH et al. Percutaneous Coronary Intervention in Pregnancy: Modeling of the Fetal Absorbed Dose. *Case Rep Obstet Gynecol* 2019;2019:1–5.
84. Orchard E, Dix S, Wilson N et al. Reducing ionizing radiation doses during cardiac interventions in pregnant women. *Obstet Med* 2012;5:108–11.
85. Williams MC, Stewart C, Weir NW et al. Using radiation safely in cardiology: what imagers need to know. *Heart* 2019;105:798–806.
86. Chetlen AL, Brown KL, King SH et al. JOURNAL CLUB: Scatter Radiation Dose From Digital Screening Mammography Measured in a Representative Patient Population. *American Journal of Roentgenology* 2016;206:359–65.
87. STUK S/4/2019, Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. 2019.

88. Brody AS, Frush DP, Huda W et al. Radiation Risk to Children From Computed Tomography. *Pediatrics* 2007;120:677–82.
89. ICRP Publication 147: Use of Dose Quantities in Radiological Protection. *Ann ICRP* 2021;50:9–82.



ISSN 1799-9472

ISBN 978-952-309-580-9



STUK

Säteilyturvakeskus

Strålsäkerhetscentralen

Radiation and Nuclear Safety Authority

Jokiniemenkuja 1

01370 Vantaa

Puh. (09) 759 881 (vaihde)

www.stuk.fi