

Ionisoivan säteilyn käyttö läpivalaisututkimuksissa

Helinä Heino

LuK-tutkielma

Fysiikka

2018

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	1
1. Johdanto.....	2
1.1 Säteilyn käyttö lääketieteessä ja terveydenhoidossa.....	3
1.2 Röntgensäteily tutkimuksissa.....	4
1.3 Säteilyn vaikutus terveyteen.....	5
2. Läpivalaisututkimukset.....	7
2.1 Läpivalaisututkimukset.....	7
2.2 Varjoaine.....	8
2.3 Röntgensäteily.....	9
2.4 Dosimetri.....	11
2.5 Annosmääritys.....	12
2.6 Ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos.....	13
2.7 Annossuureita.....	14
3. Säteilyturvallisuus.....	15
3.1 Säteilyturvallisuus läpivalaisututkimuksissa.....	15
3.2 Säteilysuojien käyttö.....	17
3.3 Säteilyn käyttö ja laki.....	19
3.4 Lain mukaiset annosrajat.....	20
4. Yhteenveto.....	21
Viitteet.....	22

1. Johdanto

Tässä Luk-tutkielmassa tullaan tarkastelemaan ionisoivan säteilyn käyttöä läpivalaisututkimuksissa eli fluoroskopiassa. Läpivalaisututkimuksissa saadaan reaaliaikaista tietoa elinten toiminnasta, jota voidaan hyödyntää sairauksien diagnostiikassa. Tutkielmassa lähestytään aihetta fysiikan näkökulmasta, joten tullaan perehtymään mm. detektorin eli säteilyilmaisimen toiminnan peruseräisiin. Tarkoituksena on selittää säteilyaltistukseen vaikuttavia tekijöitä, ja tapoja joilla saadun säteilyn määrää voidaan minimoida.

Tutkielman rakenne jakaantuu neljään osioon. Johdanto-osuudessa käydään lävitse röntgensäteilyn hyödyntämistä lääketieteessä ja terveydenhuollossa sekä säteilyn terveysvaikutuksia. Läpivalaisututkimukset-kohdassa esitetään tutkimuksen kulku sekä tutkimuksessa hyödynnettävän varjoaineen ja röntgensäteilyn toiminnan peruseräite. Perehdytään annosmäärityksessä käytettävään dosimetriin ja annosmääritykseen liittyviin suureisiin. Säteilyturvallisuus-osuudessa esitetään säteilyn käytön minimointiin tähtääviä toimenpiteitä ja siihen liittyvää lainsäädäntöä ja annosrajoja. Yhteenvedo-kappaleessa luodaan tiivistetty koonti tärkeimmistä asioista.

Tutkielman sisällöstä muodostuu yleistajuinen kuva läpivalaisututkimuksissa käytettävistä metodeista ja säteilysuojelusta. Tutkielma toimii valistavana infopakettina sairaalaympäristössä säteilytyötä tekeväälle henkilökunnalle. Riittävällä valistuksella voidaan taata mielenrauha työntekijöille turvallisesta ja mielekkästä työympäristöstä.

1.1 Säteilyn käyttö lääketieteessä ja terveydenhoidossa

Lääketieteessä säteilyä käytetään sairauksien havaitsemiseen, hoitoon ja tieteelliseen tutkimukseen uusien innovaatioiden kehittämiseksi. Optimaalisemmilla kuvantamislaitteilla ja -tekniikoilla röntgensäteilyn määrää voidaan pienentää ja näin aiheuttaa pienempää annosta potilaille. Yleisestikään röntgensäteilyä hyödyntäviä tekniikoita ei ole järkevää käyttää kuin välttämättömissä tapauksissa, pienikin säteily määrä aiheuttaa kohonnutta riskiä saada jokin säteilyn aiheuttama haittavaikutus. Säteilyn terveysvaikutuksiin palataan myöhemmin kappaleessa Säteilyn vaikutus terveyteen.

Sairauksien havaitsemiseen käytetään esim. röntgen- ja gammasäteilyä. Röntgensäteilyä hyödynnetään elimien kuvantamisessa, jolloin huomataan muutokset vaikkapa murtuneen luun tapauksessa tai läpivalaisututkimuksen kohdalla voidaan kartoittaa elimen toimintaa. Mainittakoon gammasäteilyn käytöstä esimerkkinä yleiskirurgian erikoislääkäri Tommi Hakalan esitys [1], jonka mukaan kilpirauhassyövän hoidossa käytetään syöpäsolujen tuhoajana radiojodin aiheuttamaa beetasäteilyä ja tapahtumassa vapautuvaa gammasäteilyä syövän levinneisyyden arvioinnissa.

Seuraavaksi esitetään hyväksyttävän säteilyn käytön perusperiaatteita [2]. Yksilönsuojaperiaatteen mukaisesti noudatetaan säteilylaisissa ilmoitettuja annosrajoja työntekijöille ja potilaille. Säteilyn annosrajoihin palataan tarkemmin kappaleessa Lain mukaiset annosrajat. Optimoinnin periaatteen mukaisesti tutkimuksessa pyritään saamaan tarpeellinen informaatio oikean diagnoosin tekemiseksi mahdollisimman pienellä säteilyannoksella. Tätä periaatetta kutsutaan ns. ALARA-periaatteeksi, As Low As Reasonably Achievable. Säteilyn käytön on oltava oikeutettua. Oikeutusperiaatteen mukaan säteilytutkimuksesta saadun hyödyn on oltava suurempi kuin siitä aiheutuvan haitan. Käytettäessä säteilyä potilaan terveydenhuollossa, potilasta on informoitava riittävästi tutkimuksen tarkoituksesta ja huolehdittava että hän on ymmärtänyt tutkimuksen tarpeellisuuden ja mahdolliset riskit. Erityisesti lähetettä tekevän lääkärin ja säteilyn käytöstä vastaavan lääkärin olisi syytä tiedostaa näiden periaatteiden mukainen hyväksyttävä toimintatapa.

Säteilyyn liittyvät kansainväliset suositukset antaa kansainvälinen säteilysuojelukomissio ICRP eli International Commission on Radiological Protection [3]. Suomessa seurataan kuitenkin STUK:n eli Säteilyturvakeskuksen ohjeistuksia. STUK huomio toiminnassaan ICRP:n esittämät suositukset. Usein STUK:n ohjeistukset ovat tiukempia kuin vastaavat kansainväliset suositukset.

1.2 Röntgensäteily tutkimuksissa

Läpivalaisututkimuksissa hyödynnetään röntgensäteilyä ja varjoainetta. Varjoaineisiin palataan tarkemmin kappaleessa Varjoaine. Tutkimuksessa röntgensäteily ohjataan tutkittavaan kohteeseen, jolloin säteily läpäisee tutkimuksen kohteena olevan elimen. Röntgenkuvas perustuu säteilyn erilaiseen läpäisykykyyn eri kudoksissa, saatavaan röntgenkuvaan muodostuu riittävä kontrasti, jolloin tutkittavan kohteen rajapinnat voidaan erottaa toisistaan.

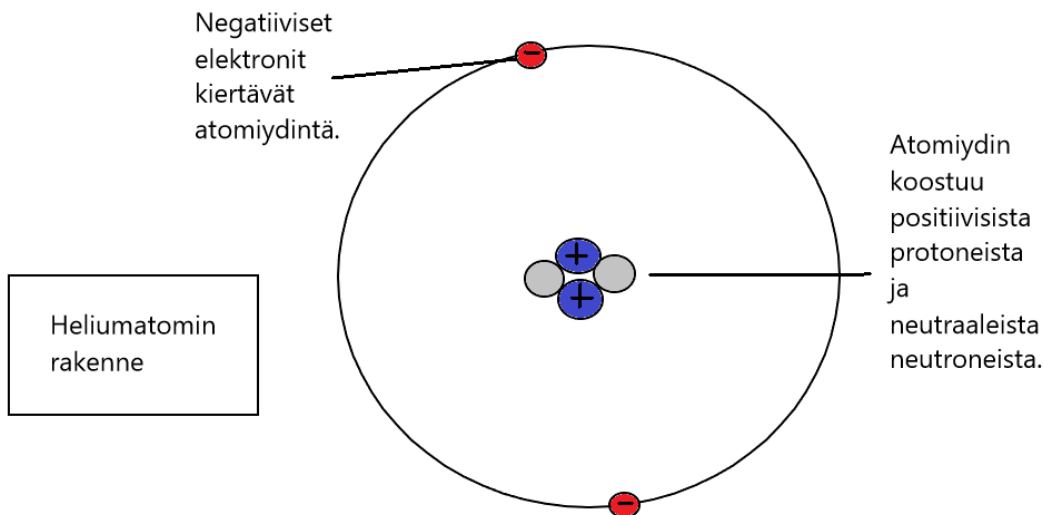
Röntgenputkessa muodostettu röntgensäteily ohjataan röntgenputken kuoressa olevan säteilyikkunan kautta, ikkunan läpäissee säteilyä muodostuu tutkimuksissa käytettävä säteilyn hyötykeila. Säteilystä suodatetaan pois tiettyjä aallonpituuksia vastaavia energioita joista ei ole hyötyä kuvantamisessa. Liian energinen säteily läpäisee kuvattavan kohteen siten että kuvaan ei muodostu riittävää kontrastieroa erilaisten rakenteiden välille, käyttötarkoitukseen nähden liian vähäenergisellä säteilyllä ei ole riittävästi voimaa tunkeutua kudokseen ja tarpeellinen informaatio jää saamatta. Säteilyn suodatus eli filtteröinti tehdään asentamalla säteilyikkunan eteen sopivasta materiaalista valmistettu levy. Levyn materiaalin valinta riippuu säteilyn käyttötarkoituksesta, alumiinilevy on tavallisin valinta.

Detektorilla eli säteilyilmaisimella havaitaan tutkittavasta kohteesta tuleva säteily, eli saadaan informaatiota, kuinka säteily on vuorovaikuttanut tutkittavan elimen kanssa. Detektorin tiettyyn kohtaan osuvan säteilyn intensiteetti eli voimakkuus riippuu kuvattavan kohteen materiaali jakaumasta. Säteilyn intensiteetin vaihtelut havaitaan detektorilla tummuuden vaihteluina. Tummuuden vaihtelu riippuu siis siitä kuinka paljon jokin tietty kohta päästää säteilyä lävitseen ja kuinka paljon se absorboi eli imee säteilyä itseensä. Epänormaalien rakenteiden intensiteettijakauma on siis erilainen kuin ns. normaalirakenteen kanssa vuorovaikuttaneen säteilyn intensiteetti. Primäärinen kuva muodostuu siis detektorille kohteen läpäisseen säteilyn intensiteettijakauman mukaan. Tästä detektorilla kerätystä mittausdatasta saadaan datan käsittelyllä muodostettua varsinainen diagnostiikassa käytettävä kuva.

Tutkimuksissa on käytettävä riittävän suurta röntgensäteilyannosta, jotta kuvat ovat tarpeeksi tarkkoja oikean diagnoosin tekemiseen. Toisaalta kuvista ei pyritä tekemään tarpeettoman tarkkoja, vaan etsitään sopiva suhde säteilyannokselle ja kuvan tarkkuudelle. Sopivaa annosta optimoitaessa on otettava huomioon minkälaista tietoa kuvantamalla halutaan saada, eri käyttötarkoituksiin optimointi on erilainen. On myös otettava huomioon potilaan koko ja kuvausasetelma, asettelulla vaikutetaan mistä kulmasta kuva nähdään, jostain kulmasta katsottuna tarvittava informaatio saattaa jäädä havaitsematta.

1.3 Säteilyn vaikutus terveyteen

Solujen perimä voi vaurioitua ionisoivan säteilyn vuoksi, sillä kudokseen absorboitunut eli imeytynyt säteily pystyy käynnistämään kemiallisia ja fysikaalisia reaktioita, joista aiheutuu biologisia muutoksia [4]. Säteily iskee soluissa olevaan perimään eli DNA:n, rikkoen sen kahdesta ketjusta muodostuvaa juosteista rakennetta. Säteily repii kudoksista irti elektroneita eli ionisoi atomeja ja elektronit puolestaan synnyttävät DNA:ta vaurioittavia reaktiotuotteita. Atomin rakenteesta esimerkkinä kuva 1, jossa esitetään heliumatomin rakenne. Säteilyn vaikutukset voivat siirtyä altistuneelta alueelta muihin kudoksiin ja soluihin. Säteilyn aiheuttama kudoksen lämpeneminen on niin minimaalista, että säteilytapahtumaa ei pysty havaitsemaan. Parin tunnin kuluessa alkava pahoinvointi on ensimmäinen merkki merkittävästä altistuksesta.



Kuva 1. Kuvassa esitetään heliumatomin rakenne.

Säteilyn terveysvaikutukset voidaan jakaa suoriin ja satunnaisiin terveysvaikutuksiin. Säteilyn suorat vaikutukset ovat havaittavissa hyvin pian altistumisen tapahduttua. Satunnaiset vaikutukset tulevat ilmi vasta vuosien päästä. Sivuhuomiona mainittakoon, että ihminen saa pieniä määriä jokapäiväistä säteilyaltistusta luonnosta tulevasta taustasäteilystä. Soluvaurion syntymiselle ei ole väliä onko altistajana luonnollinen taustasäteily vai keinotekoisesti tuotettu säteily.

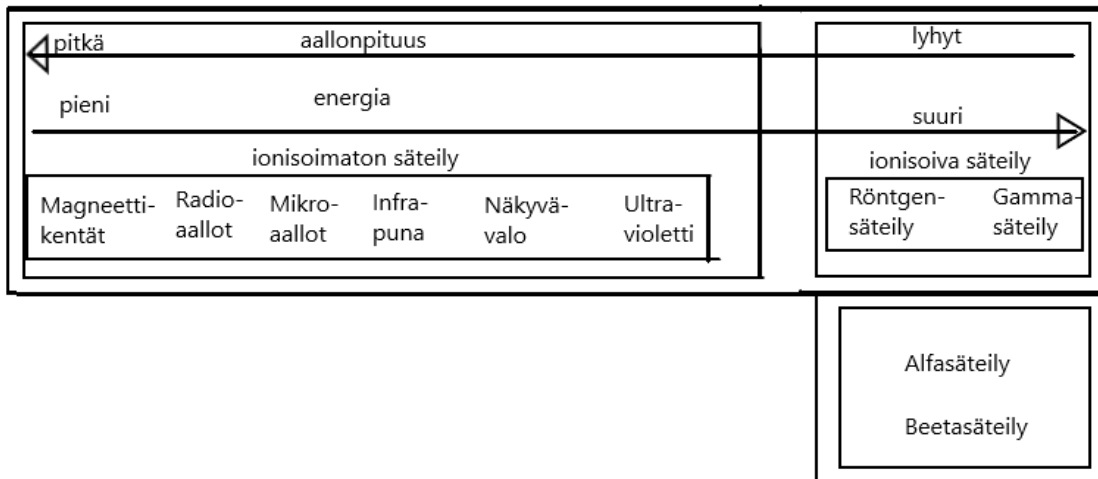
Säteilyn suorat eli deterministiset vaikutukset liittyvät suuriin kerta-annoksiin lyhyessä ajassa. Haittavaikutusten kynnyksarvona pidetään 0,5 Sv, tämän suuruisen altistuksen jälkeen on

odotettavissa lyhyen ajan sisällä säteilystä aiheutuvia haittavaikutuksia. Haittavaikutuksina voi esiintyä mm. säteilysairauksia, palovammoja ja sikiövaurioita. Parin viikon kuluessa ilmenevät infektiot, verenvuoto ja ripuli ovat oireita suuresta säteilyannoksesta. Hengenvaaralliseksi kertaannokseksi määritellään 4 Sv. Kuolettavaksi annoksi määritellään 8 Sv annos. Tätä luokkaa olevat säteilyannokset voivat aiheuttaa laajaa solutuhoa. Annoksen kasvaessa haitan vaikeusaste kasvaa. Säteilyn annosnopeus on myös olennainen tekijä, haittavaikutuksen kynnyisarvo nousee, kun säteilynopeus laskee. Keho kykenee siis sietämään suurempaa säteilyannosta, jos annos saadaan pitemmän ajan kuluessa. Säteilysuojelussa henkilön kokema yksilöannos on ratkaiseva tekijä, säteilylailla pyritään estämään liian suurten henkilöannosten saanti.

Säteilyn satunnaiset vaikutukset ovat havaittavissa vain tilastollisesti, varsinaista kynnyisarvoa ei voida osoittaa. Säteilysuojelussa väestön kokonaisannos onkin merkittävämpi kuin yksilöannos. Kyseessä ovat pienet kerta-annokset. Näin pienillä annoksilla haitta-aste ei kasva suoraan annoksen kasvaessa, kuitenkin kokonaisannoksen kasvaessa haitan esiintymistodennäköisyys kasvaa. Satunnaista haittavaikutusta voidaan pitää lähes annosnopeudesta riippumattomana. Tyypillisesti yksi henkiin jäänyt altistunut solu aiheuttaa vahinkoa pitemmällä aikavälillä. Tämänäyttypiset haittavaikutukset voivat ilmetä perimän muutoksina ja syövän kehittymisen riskin nousuna.

Huomioitavaa on, että esim. keuhkojen röntgenkuvaus aiheuttaa 0,1 mSv annoksen, kun taas edellä mainittiin selkeäksi riskiannokseksi 0,5 Sv. Tyypillisistä röntgentutkimuksista saatavat säteilyannokset eivät siis selkeästikään ole hengenvaarallisella tasolla, vaikka tietenkin on muistettava kaiken säteilyn olevan haitallista. Joissain tapauksissa läpivalaisututkimuksissa on käytettävä poikkeuksellisen suurta säteilyannosta, ihon punoitus ja palovammat viittaavat deterministiseen haittavaikutukseen. Kaaviossa 1 esitetään tutkimuksissakin mahdollisesti hyödynnettävän ionisoivan säteilyn tyypit ja nimetään myös vaarattomamman ionisoimattoman säteilyn tyypit.

Kaavio 1. Kaaviossa esitetään ionisoimaton ja ionisoiva säteily. Huomattavaa on, että pitkäaaltoisella säteilyllä on vähän energiaa ja lyhytaaltoisella säteilyllä on paljon energiaa. Ionisoiva säteily on lyhytaaltoista säteilyä, jolla on suuri energia. Arkipäiväisestä elämästä tuttu näkyvä valo eli tuntemamme värit osuvat ionisoimattoman säteilyn alueeseen [5].



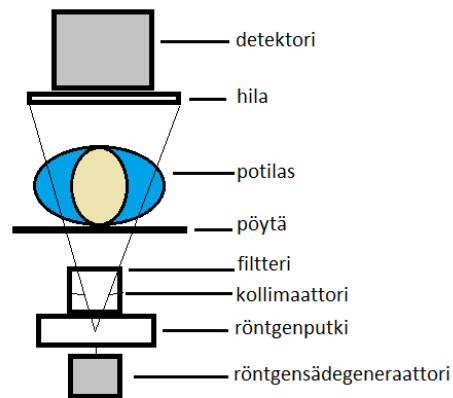
2. Läpivalaisututkimukset

2.1 Läpivalaisututkimukset

Läpivalaisututkimus, fluoroskopia on lääketieteellisen kuvantamisen tekniikka, jossa tutkittavan elimen rakenteet ja toiminta saadaan näkyviin [6,7]. Kuvantamisessa tarvittava varjoaine viedään tarkasteltavaan elimeen. Röntgenlääkäri seuraa varjoaineen kulkua elimistössä pulssatulla läpivalaisulla ja ottamiensa röntgenkuvien avulla. Tutkimuksessa saadaan reaaliaikaista kuvaa liikkuvasta kohteesta, jolloin elimen toimintaa voidaan tarkastella. Yleisimpiä fluoroskooppisia tutkimuksia ovat ruoansulatuselimistön, sappiteiden, virtsaelimien, kohdun, munasarjojen sekä sylkirauhasten tutkimukset. Kuvannettavasta kohteesta riippuen tutkimuksen kulku ja tutkimusasento voivat vaihdella. Kuvantaminen voi tapahtua mm. potilaan seistessä, maatessa tutkimuspöydällä tai ollessa puoli-istuvassa asennossa.

Tutkimuksen kesto on tyypillisesti 30-60 min. Tutkimuksen pituuteen vaikuttaa kuvannettava kohde ja kohteen toiminta. Seurantakuvia saatetaan ottaa useamman tunnin ajalta, jos seurataan varjoaineen kulkeutumista suolistossa. Raskaana oleville tutkimus tehdään vain aivan välttämättömissä tapauksissa. Radiologi tai röntgenhoitaja on melkein koko tutkimuksen kulun ajan paikalla. Jos tutkimukseen on esivalmistautumisohjeet, toimitetaan ne potilaalle enne tutkimuspäivää. Tutkimukseen lähetävä yksikkö vastaa ohjeiden lähetyksestä, tutkimukseen on saatava lääkärin lähete.

Kuvassa 2 esitetään läpivalaisututkimuksen tutkimusasettelu. Röntgensäteily-kappaleessa esitetään tarkemmin varsinaisen röntgensäteilyn syntymekanismi.



Kuva 2. Läpivalaisututkimuksen tutkimusasettelu [8]. Röntgensädegeneraattorin ja röntgenputken avulla saadaan tuotettua varsinainen röntgensäteily. Kollimaattorilla ohjataan säteily haluttuun suuntaan ja filtterillä saadaan rajattua säteilystä epäsovivat aallonpituudet pois. Hilalla pyritään estämään potilaasta sironneen säteilyn päätymistä detektorille. Detektorilla mitataan kohteen kanssa vuorovaikuttanut säteily, jolloin saadaan muodostettua datan käsittelyllä halutut kuvat potilaasta.

2.2 Varjoaine

Monet elimet läpäisevät röntgensäteitä melko helposti, jolloin kuvaan ei saada riittävää kontrastieroja rakenteiden hahmottamista varten, tuloksena olisi hankalasti tulkittava kuva. Läpivalaisututkimuksissa käytetäänkin tutkittavaan elimen vietävää varjoainetta kuvantamistutkimuksissa saatavien kuvien kontrastien parantamiseen. Röntgensäteet läpäisevät varjoaineita eri tavalla kuin ympäröivät rakenteet, jolloin kuviin saadaan riittävästi kontrastia diagnostiikkakäyttöön soveltuvaa kuvaa varten. Varjoaineen avulla saadaan siis näkyviin rakenteita, joita ei muuten saataisi näkyviin. [9]

Varjoainetyyppi valitaan aina kulloisenkin tutkimuksen mukaan. Ruoansulatuskanavien tutkimuksissa varjoaineet ovat bariumia ja muissa tutkimuksissa varjoaineet sisältävät jodia. Bariumilla saadaan selkeämpi kuvausnäkyvä, mutta se sopii käytettäväksi vain mahasuolikanavassa. Kaaviossa 2 esitetään käytettäviä varjoaineita ja mainitaan minkäläisten tutkimuskohteiden kanssa niitä voidaan hyödyntää.

Ennen varjoainekuvausta munuaisten normaali toiminta on tarkistettava ottamalla kreatiniini-arvo (P-Krea). Munuaiset huolehtivat varjoaineen poistosta elimistöstä, joten munuaisongelmat hidastavat varjoaineen poistumista elimistöstä. Pitkäksi ajaksi elimistöön jäävä varjoaine saattaa vahingoittaa munuaisia. Varjoaineet voivat aiheuttaa allergisia reaktioita, kuten huimausta, päänsärkyä, oksentelua, hikoilua, ihottumaa ja turvotusta. Kuvauspaikalla ollaan varauduttu varjoaineesta aiheutuviin oireisiin, tarvittaessa saatavilla on lääkkeitä ja muita tarvittavia välineitä. Vakavat allergiset reaktiot joihin liittyy verenpaineen lasku, hengenahdistus tai sokkitila ovat kuitenkin harvinaisia. Yleensä varjoaineet eivät aiheuta sivu- tai

jälkivaikutuksia. Ennalta tiedetyissä allergiatapauksissa voidaan selvittää mahdollisuutta suorittaa tutkimus ultraääni- tai magneettikuvaustutkimuksena tai voidaan antaa estolääkitystä.

Kaavio 2. Käytettävä varjoainetyyppi ja mahdollinen tutkimuskohde.

varjoainetyyppi	tutkimuskohde
juotava	ruokatorvi ja mahalaukku
letkulla annosteltava	virtsarakko ja virtsaputki
ruiske	paksusuoli
pistos	nivelet
ruiske laskimoon	sisäelimet
ruiske valtimoon	sepelvaltimot

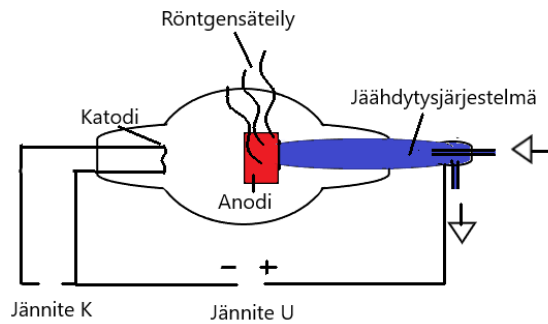
2.3 Röntgensäteily

Röntgensäteily on suurenergistä säteilyä, joka synnytetään röntgensädegeneraattorin avulla röntgenputkessa. Kuvassa 3 esitetään röntgenputken peruseräite. Röntgensäteilyputki on tyhjiöputki, jossa on (+) anodi- ja (-) katodilevyt [10]. Röntgensäteilyputkessa voidaan käyttää tehokasta jäähdytysjärjestelmää, jolla estetään anodin ylikuumentumista. Jäähdytysnesteenä käytetään vettä, sillä vesi pystyy vastaanottamaan huomattavan määrän energiaa ilman suurta lämpötilan muutosta. Anodina voidaan myös käyttää pyörivää levyä, jolloin yhteen kohtaan ei aiheudu yhtä suurta elektroniosumaa, vaan eri ajankohtina tulevat elektronit iskeytyvät eri kohtiin ja näin anodin kokema lämpövaikutus jakautuu tasaisemmin.

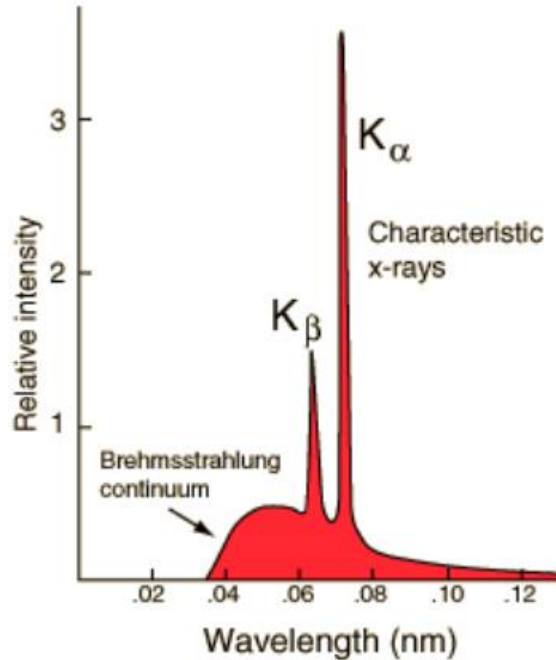
Katodin materiaali on hyvin kuumuutta kestävä ainetta, kuten wolframia. Anodi puolestaan on jotain sopivaa raskasta ainetta, kuten kuparia. Katodia hehkutetaan sen läpi kulkevalla virralla, joka on aiheutettu jännitteellä K . Kuumennettaessa katodia siitä alkaa irrota elektroneja. Elektronit kiihdytetään anodin ja katodin välille asetetulla jännitteellä U . Läpivalaisututkimuksissa elektronien kiihdytykseen käytettävä putkijännite on luokkaa 50-110 kV [11]. Röntgensädegeneraattorilla generoidaan eli tuotetaan tarvittavat jännitteet.

Röntgensäteilyä syntyy, kun katodilta kiihdytetyt elektronit törmäävät anodimateriaaliin. Röntgensäteilyn spektri eli aallonpituusjakauma (tietty aallonpituus vastaa tiettyä energiaa) koostuu jarrutussäteilystä ja karakteristisesta- eli ominaissäteilystä. Jarrutussäteilyn synnyssä elektronit jarruuntuvat niiden tullessa anodimateriaalin atomien läheisyyteen, jolloin nämä hidastuvat elektronit säteilevät energiaa fotonin

välityksellä. Karakteristinen säteily syntyy toisella tapaa, tulevat elektronit aiheuttavat anodimateriaalin atomien virittymisen korkeampaan tilaan, tila purkautuu, kun atomi lähettää pois ns. ylimääräistä energiaa fotonin muodossa. Saatava säteily koostuu siis fotoneista, pienistä suurenergisistä hiukkasista. Röntgensäteily kuuluu ionisoivaan säteilyyn, eli se on niin suurenergistä, että pystyy repimään elektroneita irti atomeista fotonien luovuttaman energian avulla eli ionisoimaan atomeja, joka on haitallista kudoksille. Ei-ionisoivaa säteilyä kutsutaan ionisoimattomaksi säteilyksi, tällä säteilyllä ei ole tarpeeksi energiaa ionisoimistapahtumaan. Kuvassa 4 esitetään röntgensäteilyn tyypillinen spektri.



Kuva 3. Kaaviokuva röntgenputkesta. Nuolet osoittavat tulevaa kylmää vettä ja lähtevää lämmennytää vettä.



Kuva 4. K_{β} ja K_{α} kuvaavat röntgensäteilyn karakterisiä piikkejä, jatkuva tausta kuvaa jarrutussäteilyä. Kuvaa esittää suhteellista intensiteettiä aallonpituuden funktiona [12].

2.4 Dosimetri

Dosimetri on henkilökohtainen annosmittari, jolla mitataan henkilön saamaa säteilyaltistusta, se toimii siis säteilyilmaisimena. Säteily havaitaan sen aiheuttamien prosessien avulla. Ionisoivan säteilyn aiheuttama ionisoituminen tekee aineen sähköä johtavaksi. Ionisoivalla säteilyllä on voimavälittäjähiukkasia eli fotoneita, ne ovat energieettisiä hiukkasia joiden välittämän energian avulla atomista irtoaa elektroneita, atomi ionisoituu. Yksinkertaistetusti dosimetri havaitsee näitä fotoneita, se havaitsee niiden energian ja määrän suuruusluokan, tästä saadaan arvio säteilyn voimakkuudesta.

Säteilyilmaisimia eli detektoreita on kahta tyyppiä, puhutaan signaali-ilmaisimista ja ratailmaisimista. Ionisoiva hiukkanen (fotoni) aiheuttaa signaali-ilmaisimeen hetkellisen signaalin, joka mitataan. Ratailmaisimen ideana taas on saada näkyviin ionisoivan hiukkasen ratakäyrä eli tieto hiukkasen liikeradasta.

Käytännön esimerkkinä dosimetristä voidaan mainita Oulun Yliopistollisen Sairaalan hiljattain koekäyttöön ottama RaySafe i2 dosimetri [13]. Kuvassa 5 esitetään mittausnäkyvä, josta voidaan reaaliaikaisesti lukea i2 dosimetrin rekisteröimä säteilyannos ja siihen liittyviä parametrejä. RaySafe i2 mittaa annosta ja annosnopeutta joka sekunti. Dosimetrin keräämä tulos eli data siirretään langattomasti reaaliaikaiselle näytölle, josta tarkastellaan mittauksia. Kertyneet annokset tallennetaan sieverteinä (Sv). Dosimetrin keräämä kokonaisannoshistoria ja mittausparametrit ovat luettavissa koelaudalta. Vuosittainen annos esitetään numeroina ja vuotuisen annosrajan funktiona. Yksityiskohtaisista esityksistä voidaan tarkastella annoshistoriaa ajan funktiona. Mittarin on mainittu olevan huoltovapaa ja käyttöiän olevan 3-5 vuotta. Kuvassa 6 esitetään i2:n mittausjärjestely.



Kuva 5. RaySafe i2 koelaudan näkymä, josta voi tarkastella mm. vuotuisesta annosta ja mittaushistoriaa.



Kuva 6. RaySafe i2 mittausjärjestely. Oranssin värinen dosimetri seuraa työntekijän saamaa annosta, annos voidaan lukea näytöltä. Dosimetri voidaan myös asettaa tietokoneeseen kytkettyyn satulaan ja siirtää sitä kautta tietoja [13].

RaySafe i2:n avulla voidaan tehdä arviota kuvantamistoimenpiteessä saatavasta annoksesta. Tutkielman kirjoittaja pääsi osallistumaan i2:n koeajoon, jossa seurattiin kuinka paljon annosta kertyy eri etäisyyksillä potilaasta. Mittauksessa käytettiin potilasta mallintamaan fantomia, joka toimi säteilyn sirottajana. Fantomin ympärille sijoitettiin dosimetreja tietyille etäisyydelle ja poljettiin säteilyannosta. Dosimetrit asennettiin niin, että ne kattoivat n. 360 asteen kulman eli mittarit tavallaan sijoitettiin ympyrän reunalle. Tämä toistettiin muutamalle etäisyydelle. Tällä tavalla voidaan saada arviota kuinka paljon annosta kertyy eri etäisyyksillä oleville työntekijöille, sekä voidaan arvioida ennakkoon potilaan saamaa säteilyannosta.

2.5 Annosmääritys

Annosmääritystä eli dosimetriaa käytetään säteilyannoksen ja annosnopeuden mittaamiseen. Annosmääritys tehdään, kun työntekijän on havaittu saaneen odottamattoman suuren määrän säteilyä tai joku ulkopuolinen on altistunut tahattomasti säteilylle. Annosmäärityksen avulla voidaan selvittää altistuksen vakavuutta ja tehdä tarvittavia turvallisuutta parantavia toimenpiteitä, jotta tulevaisuudessa samaa virhettä ei enää toistettaisi.

Tavanomaisista tutkimuksista poikkeaviin tutkimuksiin tai poikkeavan kokoisille potilaille annosta arvioidaan ennakkoon. Läpivalaisututkimuksissa on määritelty omat tutkimusprotokollat lapsille, aikuisille ja normaalia suurikokoisemmille potilaille. Dosimetria-kappaleen yhteydessä mainittiin kuinka tällainen annoksen arviointi voidaan tehdä käytännössä.

Kun tarkastellaan säteilyn vaikutuksia kudokseen, on otettava huomioon säteilykentän voimakkuus sekä säteilyn ja aineen vuorovaikutukset. Kudoksessa säteilyn energia tuottaa sekundäärisiä hiukkasia ja siirtyy näille. Säteilyn suora energia ei siis aiheuta suurinta osaa solutuhosta, vaan säteily voi repiä elektroneja irti kudoksista ja antaa niille energiaa, jolloin ne pääsevät repimään irti seuraavia elektroneja ja tekemään lisää tuhoa. Kudoksissa siirtynyt energia kuuluu siis atomi- ja molekyyli-tason muutoksiin elektronien välityksellä. Säteilyn haittavaikutukset ovat karkeasti verrannollisia elimistön massayksikköä kohden absorboituneen energian määrään. Tällaista säteilyn energian siirtymistä aineeseen kuvaa absorboitunut annos D. Absorboituneen annoksen yksikkönä käytetään Grey:tä (J/Kg).

Seuraavaksi esitetään minkälaisia vaikutuksia tietyn suuruusluokan annoksilla on odotettavissa [4]. Alle 1 Grey:n eli 1 Gy:n annoksella ei ole odotettavissa suoria haittavaikutuksia, lyhyen ajan sisällä ei siis ole odotettavissa säteilystä aiheutuvia haittavaikutuksia. 1-2 Gy annos voi aiheuttaa säteilysairauksia ja kudovaurioita, tätä suurempi annos määritellään hengenvaaralliseksi. Yli 12 Gy annos on tappava, potilas menehtyy kahdessa viikossa. 50 Gy:n ylitys johtaa kuolemaan 2 vuorokauden kuluessa. Suomessa säteilyä valvotaan tiukasti, joten suuren säteilyannoksen saaminen on epätodennäköistä. Jos kuitenkin epäilee altistuneensa säteilylle, on syytä hakeutua sairaalaan. Verenkuvaa seuraamalla voidaan tehdä arviota saadusta säteilyannoksesta. Kromosomianalyysillä on mahdollista tehdä luotettava arvio säteilyn aiheuttamalle biologiselle vaikutukselle, analyysistä sovitaan Säteilyturvakeskuksen kanssa. Suuren säteilyannoksen saanutta voidaan hoitaa mm. luuydinsiirrolla, verestä eristettyjen kantasolujen siirrolla ja eristyksellä. Erityksellä minimoidaan mahdollisten infektioiden saaminen, kehon oman puolustusjärjestelmän ollessa alhaalla, saattaa normaalisti harmiton tartunta muodostua hengenvaaralliseksi.

2.6 Ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos

Säteilyannokset voidaan esittää teoreettisten suureiden, ekvivalenttiannoksen ja efektiivisen annoksen avulla. Ekvivalenttiannos ottaa huomioon, että yhtä suuret absorboituneet annokset kehon eri kohtiin eivät välttämättä aiheuta yhtä suurta biologista vaikutusta. Absorboitunut annos kertoo kuinka paljon säteilyä on absorboitunut elimistön massayksikköä kohti, tämän annoksen voidaan olettaa olevan karkeasti verrannollinen elimistön kokemaan haittavaikutukseen. Efektiivinen annos saadaan laskettua ekvivalenttiannoksen avulla. Efektiivinen annos on määritetty olevan alttiina olevien elinten tai kudosten painotuskertoimilla painotettujen keskimääräisten ekvivalenttiannosten summa.

Ekvivalenttiannos ei siis ole suoraan verrannollinen absorboituneeseen annokseen, vaan se huomioi biologisille organismeille aiheutuvan säteilyvaurion ottamalla huomioon säteilylajin ja -energian. Tässä

annoksen esitystavassa otetaan huomioon säteilyn laatu asettamalla kullekin säteilylajille omat painotuskertoimensa. Esimerkiksi röntgen- ja gammasäteilylle painotuskerroin on 1. Kyseessä on siis laskennallinen suure, jolle käytetään yksikköä J/Kg eli Sievert (Sv). Ekvivalenttiannos lasketaan kertomalla säteilyn painotuskertoimella elimen tai kudoksen keskimääräinen absorboitunut annos. Kullekin kudokselle ja elimelle voidaan siis laskea omat säteilyannoksensa.

Efektiivinen annos riippuu ekvivalenttiannoksen lisäksi säteilyä saavasta kudoksen osasta, tämänkin suureen annos esitetään yksikössä Sv. Jotkut kudokset sietävät heikommin säteilyä kuin toiset. Esim. sukrauhasille asetettu painotuskerroin on 0,20 kun taas luun pinnan painotuskerroin on 0,01. Kudoksen painotuskertoimella huomioidaan siis haitta tietyssä kudoksessa. Kudosten painotuskertoimen kerroin ilmaisee suhteellisen osuuden kokonaishaitasta, kun koko kehon säteilyaltistus oletetaan tasaiseksi. Kudosten painotuskertoimien summa on yksi. Efektiivinen annos lasketaan kertomalla kunkin kudoksen tai elimen ekvivalenttiannos kyseisen kudoksen painotuskertoimella ja summaamalla nämä kaikki yhteen.

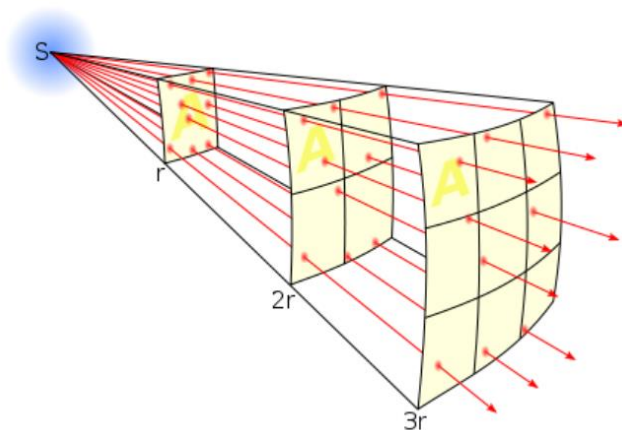
On siis syytä pitää mielessä, että ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos ovat eri suureita, vaikka niiden yksikkö onkin sama. Kappaleessa Annossuureita esitellään suureita, jotka soveltuvat läpivalaisututkimusten annostarkkailuun.

2.7 Annossuureita

Seuraavaksi esitellään joitain suureita, jotka ovat hyödyllisiä läpivalaisututkimusten annostarkkailussa [14]. Sairaalaafysikko huolehtii tutkimusten annosten laskennallisesta puolesta.

DAP eli Dose Area Product, esitetään annoksen ja pinta-alan tulona. Suuretta käytetään potilasannoksen seurannassa. Yksikkönä käytetään Grey:n ja pinta-alan tuloa ($Gy \cdot cm^2$). Tässä esitystavassa voidaan ottaa huomioon etäisyyden vaikutus annokseen. Säteilyn intensiteetin vaimeneminen on verrannollinen välimatkan r neliön käänteisarvoon $\frac{1}{r^2}$. Esim. jos ensin ollaan 1 m etäisyydellä säteilylähteestä ja siitä siirrytään 2m päähän säteilylähteestä, niin säteilyn voimakkuus 2m kohdalla on $\frac{1}{4}$ 1m kohdalla havaittavasta säteilystä. Kvantamistutkimuksissa hoitohenkilökunnan on selkeästikin syytä ottaa edes muutama askel taaksepäin säteilylähteestä, jos suinkin mahdollista. Kuten laskusta huomataan, tällä voidaan selkeästi vähentää saatavaa säteilyn määrää. Kuvassa 7 havainnollistetaan ilmiötä.

$$\text{nyt } r = 2m, \text{ joten } \frac{1}{r^2} = \frac{1}{(2m)^2} = \frac{1}{4}$$



Kuva 7. Säteilyn intensiteetin heikkeneminen etäisyyden kasvaessa kaksinkertaiseksi, kolminkertaiseksi, jne. [15].

Annosnopeus ilmaisee kuinka suuren määrän annosta saadaan tietyssä ajassa. Yksikkönä käytetään Sv/h eli sievertiä tunnissa. Mainittakoon myös, että Suomen säteilyvalvontaverkossa aiheutuu automaattinen hälytys annosnopeuden ylittäessä 0,2 - 0,4 $\mu\text{Sv/h}$, lukemien vaihtelu johtuu eri ympäristöjen erilaisesta luonnollisesta taustasäteilystä. Tällä annosnopeudella annosta kertyisi siis joka tunti 0,2-0,4 μSv . Vertailun vuoksi huomataan, että vasta 1000 mSv:n eli 1 Sv:n annos alle vuorokaudessa aiheuttaa säteily sairauden oireita, kuten väsymystä ja huonovointisuutta.

Pulssausnopeus kertoo kuinka monta kuvaa otetaan sekuntia kohden kuvantamistoimenpiteessä. Yksikkönä käytetään $\frac{\text{frame}}{\text{sekunti}} = \frac{f}{s}$. Tutkimuksissa otetaan tavallisesti kolme kuvaa sekunnissa, joskus nopeutena käytetään jopa 30 kuvaa sekuntia kohden. Lämpöalajuoksu voidaan määrittellä pulssausnopeuden, lämpöalajuoksuun kuluneen ajan ja yksittäisestä kuvasta aiheutuvan annoksen avulla.

3. Säteilyturvallisuus

3.1 Säteilyturvallisuus lämpöalajuoksu tutkimuksissa

Potilas saa säteilyä suoraan tulevasta säteilystä, kun taas henkilökunnan saama altistus johtuu pääosin potilaasta sironneesta säteilystä. Säteilyn minimoimiseen tähtäävillä toimenpiteillä voidaan pienentää potilaan ja henkilökunnan saamaa annosta. Seuraavaksi esitellään käytäntöjä, joilla voidaan vaikuttaa lämpöalajuoksu tutkimuksista aiheutuvan annoksen pienentämiseen [16].

Säteilytoimen haltija on velvollinen järjestämään läpivalaisulaitteen käyttökoulutusta. Uusia työntekijöitä on informoitava riittävästi laitteen käytöstä ja tarvittaessa henkilökunnalle on annettava täydennyskoulutusta. Laitetta ei saa käyttää ilman asianmukaista koulutusta. Tällä voidaan ehkäistä tietämättömyydestä aiheutuvia turhia vahinkoja.

Läpivalaisuaika riippuu toimenpiteen laadusta, potilaan koko ja tutkittava kohde vaikuttavat tutkimusaikaan. Säteilytysaikaa ei siis voi minimoida määrättömästi, mutta lääkärin vastuullisella annoksen polkemisella voidaan kuitenkin vaikuttaa asiaan.

Säteilyltä suojautumisen periaatteet tulee olla henkilökunnan tiedossa. Toimenpidesalissa ei oleskella, jos se ei ole välttämätöntä. Jos suinkin mahdollista, kannattaa ottaa etäisyyttä säteilylähteeseen ja muutoinkin hyödyntää mahdollisia suojaavia rakenteita kuten sädesuojia, läpivalaisulaitteen osia tai vaikkapa työkaverin selkää. Henkilökunnan sädesuojiiin palataan vielä tarkemmin Sädesuojien käyttö-kappaleen yhteydessä.

Potilaan ja detektorin välinen etäisyys pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Lääkintävahtimestari huolehtii sopivasta asettelusta ennen toimenpiteen alkua. Jos laitetta joudutaan liikuttelemaan, on etäisyyden minimoimisesta huolehdyttävä, minimoimisella voidaan samalla parantaa läpivalaisukuvan laatua. Hilan käytöllä pyritään poistamaan detektorille tulevaa potilaasta sironnutta säteilyä, täten pyritään siis estämään kuvaan aiheutuvia häiriöitä. Jos potilaan ja detektorin väliin jää 25 cm tai enemmän väliä, on hila syytä poistaa. Varsinkin lapsipotilaiden kohdalla hila suositellaan poistettavaksi.

Kuva suurennetaan mieluummin digitaalisesti kuin suurennoskuvan käytöllä. Kuvalle voidaan tehdä digitaalinen zoomaus, tällöin kuvasuurennokseen ei tarvita ylimääräistä säteilytystä. Yleensä lääkintävahtimestari asettaa kuvaustavaksi normaalikuvauksen, jos suurennoskuva on tarpeen, se voidaan valita väliaikaisesti kuvaustavaksi. Toimenpiteestä vastuussa oleva lääkäri vastaa läpivalaisulaitteen käytöstä. Kuva-alue kannattaa rajata niin pieneksi kuin kuvauksen kannalta on järkevää, tarpeettomat kudokset voidaan rajata säteilykentän ulkopuolelle.

Myös sopivanlaisen kuvausprojektion käytöllä voidaan vaikuttaa annokseen. Tavallisin projektio on ns. suora AP-projektio. Tässä tavassa röntgenputki on suoraan tutkimuspöydän alla ja detektor on asetettu mahdollisimman lähelle potilasta. Muitakin projektioita eli kuvausasetteluja on kuvaustilanteesta riippuen valittavana, laitetta asetteleva henkilö on siis tärkeässä roolissa optimaalisinta projektiota valittaessa.

3.2 Säteilysuojien käyttö

Oikeanlaisilla ja toimivilla suojilla voidaan vaikuttaa säteilyannokseen. Säteilysuojien avulla saadaan henkilökunnalle aiheutuva säteilyn biologinen vaikutus vähennettyä mittarin antamasta lukemasta vähintään yhteen kymmenesosaan. Vuonna 2007 Suomen kaikkien annostarkkailussa olleiden toimenpideradiologioiden (kuvantamistoimenpiteitä tekevä lääkäri) annosten vuotuisiksi keskiarvoksi mitattiin 7,9 mSv [11]. Tällainen annos vastaa n. kaksinkertaista suomalaisten saamaa keskimääräistä vuotuisesta annosta, joka johtuu mm. luonnon taustasäteilystä ja sisäilman radonista. Toimenpideradiologioiden suurimmaksi saaduksi säteilyannoksi rekisteröitiin 27,3 mSv. Suojien käytön vuoksi toimenpideradiologeille voitiin arvioida aiheutuvan keskimäärin korkeintaan n. 0,8 mSv:n efektiivinen annos. Toimenpidehuoneessa olevien henkilöiden tulisi käyttää kuvantamisen aikana lyijysuojia. Suojilla ei saavuteta täydellistä suojaa säteilyltä, mutta suojaustehokkuutta voidaan lisätä laittamalla kahdet suojat päällekkäin. Kuvannettaessa paksua kehon osaa tai suurikokoista potilasta, laskee lyijysuojien suojaustehokkuus.

Säteilysuojeluun tarkoitettujen suojavaatteiden sisältävät lyijyä. Tavallisesti suojavaatteet ulottuvat hartioiden korkeudelta polvien alle [17]. Suojavaate voi koostua yhdestä tai kahdesta osasta. Kaksiosaisen suojavaatteen tapauksessa liivi ja hame puetaan erikseen. Tämäntapaiset suojat voivat olla tarpeen jos esim. röntgenkuvauksen yhteydessä tarvitaan kiinnipitäjää. Suojavaatteen lisäksi käytetään kaulan ympäri asetettavaa kilpirauhassuojaa. Liikuteltavat säteilysuojat toimivat erityisen tehokkaasti henkilökunnan suojaamisessa, jos ne on mahdollista asentaa lähelle potilasta. Kuvissa 8 ja 9 esitetään erilaisia sädesuojia.



Kuva 8. Erilaisia sädesuojaessuja [18].



Kuva 9. Kuvassa sädesuojahame ja sädesuojaessu kilpirauhassuojalla [19].

Sädesuojalasit vähentävät silmien saamaa säteilyä 85-90%. Voidaan myös käyttää suojaavaa maskia. Silmälaseista kannattaa valita malli, joka suojaa myös sivusuunnasta tulevalta säteilyltä. Kilpirauhassuoja suojaa kilpirauhasta, samalla se antaa suojaa kaulan alueelle. Suojan käyttö on erityisen suotavaa, kun toimenpiteessä joudutaan käyttämään runsasta säteilyä. Sädesuojahanskat ovat kömpelöitä käyttää, joten niiden käyttö ei ole kovin tavallista. Käsiiä vältetään viemästä suoraan säteilykenttään, lateksisten hanskojen käyttö on myös mahdollista, tosin ne eivät anna merkittävää suojaa.

Potilaille voidaan käyttää kilpirauhassuojaa, gonadisuoja eli kivessuojaa ja munasarjojen suojaamiseen käytettävää suojaa. Rintojen suojaamiseen voidaan käyttää omaa suojaintyyppiä, tämäntyyppinen suoja roikkuu kaulasta rintojen päälle. Potilas voi myös itse suojata rintojaan lyijykäsineiden avulla, samalla kun vetää niitä sivummalle. Lyijypeitto on tavallinen ja käytännöllinen suojain, lyijypeittoja löytyy useaa eri kokoa. Voidaan myös käyttää lantiosuojaa. Erityisesti herkkien elimien kuvantamisissa potilaan suojauksesta huolehditaan tarkasti. Lapsien kohdalla noudatetaan myös erityistä huolellisuutta säteilysuojaimien käytössä.

Suojien määrät ja tyypit tarkastetaan Säteilyturvallisuuslaitoksen toimesta. Suojien kunto on tarkastettava vuosittain. Jos suojien kunnossa on jotain huomautettavaa, on esimiesten velvollisuus hankkia sopivat suojat.

3.3 Säteilyn käyttö ja laki

Säteilytyöksi määritellään työ, jossa väestön annosrajat ylitetään [20]. Väestön annosrajoilla tarkoitetaan ei-säteilytyötä tekevien henkilöiden annosrajoja. Annosrajat esitellään tarkemmin kappaleessa Lain mukaiset annosrajat.

Säteilyturvakeskuksen eli STUK:n hyväksymiä menetelmiä käyttämällä hoidetaan työntekijöiden säteilyaltistukseen vaikuttavien työolojen tarkkailu. Määräysten mukaan mm. työntekijöiden säteilyaltistus on voitava määrittää ja ennalta arvaamattomat poikkeamat työntekijöiden säteilyaltistukseen vaikuttavissa tekijöissä on voitava havaita ilman viivytystä. Säteilyturvakeskuksen toimivaltaan kuuluu Euratom-perustamissopimuksen mukaisesti toimiminen valvontalaitoksena sekä huolehtiminen säteilyturvallisuusvalvonnan viranomaistehtävistä, yhteystehtävistä ja raportointitehtävistä. Euratom-perustamissopimuksella viitataan Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimukseen.

Terveystarkkailua suorittavan henkilön on oltava tarpeen vaatiessa yhteydessä Säteilyturvakeskukseen. Tämä erityisesti silloin kun on aihetta olettaa työntekijän altistuneen poikkeavalle säteilylle. Annostarkkailun tulokset ilmoitetaan työntekijälle ja vastaavalle lääkärielle. Poikkeavasta säteilyaltistuksesta ja sen syistä on tehtävä raportti. On myös huolehdittava korjaavista toimenpiteistä.

Säteilyn käyttö on luvanvaraista toimintaa, toiminnan harjoittajan on huolehdittava lain mukaisista lupasioista. Turvallisuuslupaa eli lupaa toiminnan harjoittamiselle haettaessa toiminnan harjoittajan on nimettävä vastaava johtaja, jolle haetaan STUK:n hyväksyntä. Vastaava johtaja toimii avainasemassa säteilyturvallisuuteen liittyvissä asioissa. Säteilyn käyttöön liittyvistä muutoksista on tehtävä ilmoitus. Jos vastaava johtaja vaihtuu, on haettava STUK:n hyväksyntä.

3.4 Lain mukaiset annosrajat

Säteilytyötä tekevän työntekijän viideltä vuodelta laskettu keskimääräinen efektiivinen annos ei saa ylittää 20 mSv/vuosi [21]. Jonain vuosina annos voi siis olla hieman isompi kuin keskimääräinen annos, jos vastaavasti jonain vuonna annos on pienempi, viiden vuoden keskiarvon on kuitenkin pysyttävä annosrajoissa ja vuodessa annosta voi kertyä korkeintaan 50 mSv. Silmän mykiöön kohdistuva vuotuinen ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 150 mSv. Käsien, jalkojen tai minkään ihon kohdan vuotuinen ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 500 mSv.

Jos nuori henkilö osallistuu ammatillisen koulutuksensa vuoksi säteilylähteen käyttöön, ei vuotuinen efektiivinen annos saa ylittää arvoa 6 mSv. Silmän mykiöön kohdistuva vuotuinen ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 150 mSv. Nuorella henkilöllä tarkoitetaan 16-vuotta täyttäneitä mutta alle 18-vuotista henkilöä.

Naisen ilmoitettua alkaneesta raskaudesta, on hänen työnsä järjestettävä niin että sikiölle aiheutuva ekvivalenttiannos pysyy niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Jäjellä olevana raskausaikana ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 1 mSv. Naisen ilmoitettua imettävänsä lasta, naista ei saa pitää työssä, jossa kehoon voi joutua merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita.

Ei-säteilytyötä tekevälle henkilölle aiheutuva vuotuinen efektiivinen annos ei saa ylittää arvoa 1 mSv. Silmän mykiöön kohdistuva vuotuinen ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 15 mSv, myöskään minkään ihon kohdan ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 50 mSv.

Lääketieteellisestä säteilyaltistuksesta aiheutuvaa annosta ei oteta huomioon yleisiin annosrajoihin. Tällä tarkoitetaan potilaan kokemaa säteilyaltistusta tarkoituksellisessa lääketieteellisessä toimenpiteessä tai muun kuin ammattinsa vuoksi avustavan henkilön kokemaa annosta. Avustavan henkilön on oltava vapaaehtoinen ja tietoinen säteilyaltistuksen vaaroista.

4. Yhteenveto

Läpivalaisututkimuksissa, fluoroskopiassa, saadaan röntgensäteiden ja varjoaineen avulla reaaliaikaista kuvaa kuvannettavasta elimestä. Tutkimuksissa käytetään lyijyä sisältäviä suoja. Säteilysuojien käytöllä saadaan pienennettyä mittarin osoittamaa säteilyannosta, henkilön kokema biologinen säteilyvaikutus pienenee vähintään yhteen kymmenesosaan mittarin antamasta arvosta. Myös etäisyydellä säteilylähteeseen on merkittävä vaikutus, henkilökunnan on siis syytä ottaa tutkimuksissa edes muutama askel taaksepäin, jos vain mahdollista.

Suomessa säteilyn käyttöä valvotaan hyvin tarkasti, joten hengenvaarallisen säteilyannoksen saaminen on epätodennäköistä. STUK huolehtii säteilylain toteutuksesta, jolla pyritään takaamaan säteilylähteiden turvallinen käyttö. Säteilytyötä tekevän henkilökunnan saamaa altistusta seurataan dosimetreilla. Potilasannosten seurannassa DAP-arvo on tärkeä mitta aiheutuvalle annokselle. Läpivalaisututkimuksissa saatetaan käyttää suhteellisen isoa säteilyannosta, varsinkin isokokoisien potilaan tapauksessa. Seurauksena saattaa olla ihon punoitusta ja pahimmillaan palovammoja, palovammojen synty ei ole tavallista. Pelkät palovammat sinällään eivät tarkoita hengenvaarallisista säteilyannosta. Potilaan tai henkilökunnan ei siis tarvitse olla huolissaan turvallisuudestaan, kunhan muistaa noudattaa annettuja ohjeita. Kaaviossa 3 [22] esitetään esimerkkejä tutkimuksista aiheutuvista annoksista.

Kaavio 3. Esitetään erilaisista tutkimuksista aiheutuvia efektiivisiä annoksia, niiden taustasäteilyä vastaavia aikoja ja esimerkkinä deterministisiä vaikutuksia aiheuttavia annosmääriä. Huomioitavaa on, että taustasäteilyn ja röntgentutkimuksesta aiheutuvan annoksen määrä ei ole vakio, yli 30 prosentin vaihteluväli on tavallista. Läpivalaisututkimukset kuuluvat toimenpideradiologisiin tutkimuksiin.

tutkimuskohde	efektiivinen annos mSv	taustasäteilyä vastaava aika
raaja, esim polvi	0,01	1 päivä
mammografia	0,2	24 päivää
toimenpideradiologinen tutkimus		
sydämen sepelvaltimoiden varjoainetutkimus	8	2,5 vuotta
Sydämen sepelvaltimoiden laajennushoito	20	6,5 vuotta

1000 mSv eli 1 Sv annos alle vuorokaudessa aiheuttaa säteily sairauden oireita, kuten väsymystä ja pahaa oloa. 6000 mSv annos alle vuorokaudessa saattaa johtaa kuolemaan.

Viitteet

- [1] Tommi Hakala, Kilpirauhassyöpöpotilaiden uusien syöpien riski, Onkologia ja Hematologia, BestPractice, lääketieteen asiantuntijoiden ammattilehti, 26.11.2017
- [2] ST 1.1, säteilyturvakeskuksen julkaisu
- [3] <http://www.icrp.org>, haettu 07.02.2018
- [4] Säteilyn terveysvaikutukset, toimittaja Wendla Paile, STUK, Karisto Oy:n kirjapaino, Hämeenlinna 2002
- [5] STUK:n julkaisu, www.stuk.fi
- [6] SataDiag, läpivalaisututkimukset, päivitetty: 13.4.2015
- [7] HUS, Läpivalaisututkimukset ja toimenpiteet
- [8]
https://www.google.fi/search?biw=1266&bih=564&tbm=isch&sa=1&ei=dbh6WtDVlCkbsgG-vlaldg&q=fluoroscopy&oq=fluorocopy&gs_l=psy-ab.1.0.0i19k1l110.30752.36613.0.39925.28.17.0.0.0.0.250.1835.3j11j1.15.0....0...1c.1.64.psy-ab..17.11.1381...0j0i24k1j0i10k1j0i30k1j0i5i30i19k1.0.xbk9Mk4W3mY#imgrc=pTe5N-5sui5JQM:
haettu 07.02.2018
- [9]
Pertti Mustajoki ja Jarmo Kaukua, Senkka ja 100 muuta tutkimusta, Kustannus Oy Duodecim, 2003
- [10] Young and Freedman, University Physics, 12ed, Addison Wesley, 2008
- [11] Timo Mäkelä ja Jani Katisko, Säteilyannokseen vaikuttavat asiat – perusasioita, pdf
- [12] <http://www.astro.wisc.edu/~moskowitz/index.html>, haettu 07.02.2018
- [13] <http://raysafe.com/Products/Staff/RaySafe%20i2>, haettu 07.02.2018
- [14] David J. Dowsett, Patrick A. Kenny and R. Eugene Johnston, The Physics of Diagnostic Imaging, 2ed, 2006
- [15]
https://fi.wikipedia.org/wiki/K%C3%A4%C3%A4nteisen_neli%C3%B6n_laki#/media/File:Inverse_square_law.svg, haettu 07.02.2018
- [16] Kimmo Leinonen, Läpivalaisulaitteen käytön sädeturvallisuus, pdf
- [17] Anna-Stina Syrjälä, Röntgenhoitajien säteilysuojelullinen ja säteilyturvallinen käyttäytyminen natiiviröntgenissä-kvalitatiivinen tutkimus, 2011

[18]

https://lh4.googleusercontent.com/KoJuMBGJybc8d5DE_9F1a7xA2RO1i3rWs_aUsEf1rRto_hE1ppF8ZCSceabn7nYTrjMDOsiJ-5LG7XIDdCMT-G7DtH0-ufXWxp_SCD13Sf9hDPLZDKyCy6FzpeNnOBaj7g,
haettu 07.02.2018

[19]

https://lh5.googleusercontent.com/iXxGhT-IF_IYtyGjtqBHlrG53i2HFeGtKW7pvYSKWG3Ahdv832pBS3qtdacvex5NDHNw97PBoKWkuZhKXnQNiiLLXTz-q4HAjCl7D9h tepBqJqS_81RkGk4Fq-YjWhZ0ig, haettu 07.02.2018

[20] Säteilylaki 592/1991

[21] Säteilyasetus 23.12.1998/1143, luku 2

[22]

<http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia>, haettu 07.02.2018