

Onko syöpä ainut säteilyriski?

Ylilääkäri Wendla Paile, STUK

Säteilyn haittavaikutusten perinteisen luokittelun mukaan ”deterministisille” eli varmoille vaikutuksille voidaan määrittellä säteilyannoksen kynnsarvo, jonka alapuolella haittaa ei synny. Stokastiset eli satunnaiset vaikutukset sen sijaan voivat syntyä kuinka pienestä annoksesta tahansa, koska yksikin osuma DNA-molekyylisiin voi jättää pysyvän vaurion solun perimään.

Kansainvälinen säteilysuojelukomissio ICRP on nykyään korvannut sanan ”deterministinen” termillä ”kudosreaktio”, koska on käynyt ilmi että monet vaikutukset eivät määräydykään täysin altistushetkellä ja annoksesta, vaan muut tekijät vaikuttavat niiden ilmituloon. Osa näistä vaurioista ilmenee varsin myöhään, ja mitä pienempi on ollut annos, sitä myöhemmin ne tulevat. Annosvastekäyrä ei olekaan kovin jyrkkä, vaan on annosalue, jossa riski lisääntyy vain vähän. Missä tämä alue on ja mikä on annosvastekäyrän muoto, on säteilysuojelun kannalta keskeinen kysymys. ICRP määrittelee nykyään käytännön tarpeita varten kynnsarvoksi annoksen, jossa vaurio ilmenee yhdelle prosentille altistuneista. Uudet arviot eri elinten ja vaikutusten kynnsarvoista on esitetty ICRP:n julkaisussa 118 (ICRP 2012).

Aikaisemmat käsitykset eri kudosten kynnsarvoista perustuu osittain sädehoidon jälkeisiin seurauksiin, osittain eläinkokeisiin. Joidenkin ihmisryhmien seuranta-aika on ollut lyhyt ja aineisto rajallinen. Uudet tiedot ja pitemmät seuranta-ajat viittaavat huomattavasti alhaisempiin kynnsarvoihin etenkin verenkiertoelinten sairauksien sekä mykiön samentuman osalta. Tärkein tiedonlähde on, kuten syöpäsairauksistakin, edelleen Japanin atomipommituksissa altistuneiden seuranta.

Atomipommiuhrien kuolleisuus muihinkin kuin syöpäsairauksiin on lisääntynyt suhteessa säteilyannokseen. Vaikka tähän liittyy monia virhelähteitä, niillä ei ole pystytty selittämään lisäystä kokonaan. Verenkiertoelinten sairauksiin on kiinnitetty erityisesti huomiota. Korkeiden säteilyannosten yhteys verenkiertoelinsairauksiin on tiedostettu jo pitkään, mutta alhaisempien annosten yhteys on tullut yllätyksenä. Epävarmuus vallitsee edelleen, onko yhteys kausaalinen. Atomipommiuhrien sydänkuolemien ylimääräinen suhteellinen riski (ERR) on viimeisessä analyysissä 14 % /Gy ja aivokuolemien 9 % /Gy (Shimizu ym. 2010). Aivokuolemille kynnsarvon paras arvio on 0,5 Gy, mutta sydänsairauksien osalta kynnsarvon paras arvio on 0 Gy ja lineaarinen annosvastemalli kuvaa lisääntyntä riskiä parhaiten. Annosvaste alueella 0 – 0,5 Gy ei kuitenkaan ole merkitsevä, eikä myöskään ole mitään uskottavaa biologista selitystä lineaarisesti kasvavalle riskille ilman kynnsarvoa.

Japanin tulokset ovat antaneet aihetta tutkia verenkiertoelinten sairauksien yleisyyttä useassa ammatillisesti altistuneessa ryhmässä, josta voisi saada tietoa myös kroonisen altistuksen vaikutuksesta. Tässä suhteessa keskeisinä pidetyt tutkimukset on julkaistu Mayakin ydintuotantolaitoksen työntekijöistä, jotka ovat altistuneet vuodesta 1948 alkaen gamma-säteilylle ja osittain myös sisäisesti plutoniumille. Annokset olivat etenkin alkuvuosina varsin korkeita ylittäen pitkälti nykypäivän normit. Mayakin työntekijöillä sekä aivoverenkiertohäiriöiden että iskeemisen sydänsairauden ilmeneminen korreloi säteilyannokseen, mutta kuolleisuudessa merkitsevää yhteyttä altistukseen ei ole (Azizova ym. 2011, 2012). Ilmenemisen osalta annosvaste sopii lineaariseen malliin, mutta suurin osa näytöstä kuitenkin perustuu yli yhden grayn kumulatiivisiin gammasäteilyannoksiin. Muut tutkimukset ammattialtistuksen vaikutuksesta verisuonisairauksiin antavat erisuuntaisia tuloksia eikä sekoittavista tekijöistä ole yleensä tietoa.

Kaiken kaikkiaan uuden tutkimustiedon on katsottu viittaavan mahdollisesti verenkiertoelinten sairauksien ylimääräiseen suhteelliseen riskiin jo työperäisen säteilyaltistuksen tasoilla. Eri tutkimustulosten välillä on kuitenkin merkittävä heterogeeniteetti, ja yli puolen grayn annosryhmät vaikuttavat ratkaisevasti havaittuihin trendeihin. ICRP:n esittämä kynnsarvo

verenkiertoelinten sairauksille on tänä päivänä 0,5 Gy, mutta arvion epävarmuutta korostetaan eikä ole otettu kantaa siihen, mikä on annosnopeuden tai fraktioidin vaikutus.

Jos annosvaste todella olisi lineaarinen ja pieniinkin annoksiin liittyisi edes vähäinen suhteellisen riskin lisäys, sillä olisi väestötasolla suuri merkitys, koska verenkiertoelinten sairaudet ovat niin yleisiä (30–50% kaikista kuolemista kehittyneissä maissa). Säteilyn aiheuttama kokonaiskuolleisuus voisi tällöin tuoreen meta-analyysin mukaan olla kaksinkertainen verrattuna pelkästään syöpäkuolleisuuteen (Little ym. 2012).

Mykiön samentuma on toinen ilmiö, jonka arvioitu kynnsarvo on tuntuvasti alentunut uuteen tietoon perustuen. Näkökykyä haittaavalle harmaakaihille ICRP on aikaisemmin esittänyt kynnsarvoksi 5 Gy äkilliselle altistukselle ja yli 8 Gy, jos altistus on fraktioitu tai pitkittynyt. Lukuisat uudet tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet samentumien yleistyvän huomattavasti alhaisemmilla annoksilla, kun seuranta-aika on tarpeeksi pitkä ja silmät on tutkittu tarkemmin. Kynnsarvo riippuu selkeästi seuranta-ajasta. Altistusiällä on myös vaikutusta: lapset ovat herkempiä kuin aikuiset. Tutkitut ryhmät ovat altistuneet joko atomipommituksissa, potilaina tai työntekijöinä. Osassa tutkimuksista on huomioitu myös pieniä samentumia, jotka eivät vielä haittaa näkökykyä, osa taas perustuu suoritettuihin kaihileikkauksiin. Epidemiologinen tieto viittaa tällä hetkellä siihen, että fraktioidulla tai pitkittyneellä altistuksella kynnsarvo ei olekaan korkeampi kuin äkillisellä altistuksella, mutta tästä vallitsee edelleen epävarmuus. Myöskään ei tiedetä, missä määrin havaitut pienet samentumat ajan kanssa etenevät kaihiksi. Annosvasteikäyrän muodosta ei ole vielä riittävästi tietoa, ja epävarmuutta on siitäkin, onko mykiön vauriolla todellisuudessa kynnsarvoa ollenkaan. Jotkut havainnot sopivat parhaiten lineaariseen annosvasteeseen. ICRP luokittelee kuitenkin harmaakaihia edelleen kudosreaktioksi (eikä siis satunnaisvaikutukseksi), jonka kynnsarvo sekä äkilliselle että krooniselle altistukselle on uuden arvion mukaan 0,5 Gy. Tämän perusteella ammattialtistuksen uusi vuosiansaraja mykiölle tulee olemaan 20 mSv ekvivalenttiannos, mikä asettaa tiukat vaatimukset etenkin toimenpideradiologiassa työskentelevien silmien suojaamisesta.

Kirjallisuutta

ICRP 2012. ICRP Statement on tissue reactions (part 1), *and* Early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context (part 2). ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41 (1-2).

Shimizu Y et al 2010. Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003. *BMJ* 340, b5349.

Azizova TV et al 2011. Cerebrovascular diseases in nuclear workers first employed at the Mayak PA in 1948-1972. *Radiat Environ Biophys* 50 (4): 539-552.

Azizova TV et al 2012. Ischemic heart disease in nuclear workers first employed at the Mayak PA in 1948-1972. *Health Phys* 103 (1): 3-14.

Little M et al 2012. Systematic review and meta-analysis of circulatory disease from exposure to low-level ionizing radiation and estimates of potential population mortality risks. *Environ Health Perspect* 120 (11): 1503-1511.

Little M 2013. A review of non-cancer effects, especially circulatory and ocular diseases. *Radiat Environ Biophys*. Online 01 August 2013. DOI 10.1007/s00411-013-0484-7