



Säteilyonnettomuudet

SÄTEILYLLE ALTISTUNEIDEN TUTKIMUS JA HOITO

Säteilyonnettomuudet

SÄTEILYLLE ALTISTUNEIDEN TUTKIMUS JA HOITO

ISSN 1236-2050

ISBN 978-952-00-2630-1 (nid.)

ISBN 978-952-00-2605-9 (PDF)

Kannen kuva: STUK

Taitto: AT-Julkaisutoimisto Oy

Paino: Yliopistopaino, Helsinki 2008

Tiivistelmä

Säteilyonnettomuudet. Säteilylle altistuneiden tutkimus ja hoito. Helsinki 2008. 47 s. (Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja, ISSN 1236-2050, 2008:14) ISBN 978-952-00-2630-1 (nid.), ISBN 978-952-00-2605-9 (PDF)

- Säteilyonnettomuus on hyvin harvinainen tapahtuma, eikä Suomessa ole kokemusta ionisoivalle säteilylle altistuneiden hoidosta. Terveystieteiden tutkimuksessa on kuitenkin varauduttava tilanteeseen, jossa ihmisiä on altistunut tai on saattanut altistua säteilylle.

Tapaturma voi sattua, kun käytetään säteilyä hyödyksi lääketieteessä tai teollisuudessa, tai kuljetettaessa radioaktiivisia aineita. Isännätön, harhateille joutunut säteilylähde aiheuttaa vaaraa sivullisille. Tahallinen radioaktiivisuuden levittäminen on myös mahdollinen uhka. Ydinlaitosonnettomuudessa voi syntyä säteilyvammoja laitoksella ja pahimmassa tapauksessa myös sen ulkopuolella. Äärimmäinen skenaario on ydinaseräjähdykset.

Koko kehon altistuminen voimakkaalle gammasäteilylle voi johtaa säteilynsairauteen. Jos vakavasti altistuneita on useita, on tärkeää valita jokaiselle oikea hoitopaikka. Tarvittava hoitotaso päätetään muutaman päivän sisällä kliinisen kuvan sekä annosarvion perusteella.

Jos henkilö on tietämättään pitänyt voimakasta umpilähdettä kädessään tai taskussaan, seurauksena voi olla vakava paikallinen vamma, joka pahenee aalloittain pitkän ajan kuluessa. Lääkärille haasteena onkin säteilyvammien tunnistaminen, jos altistuksesta ei tiedetä. Vaikean paikallisen säteilyvammien hoito on erittäin vaativaa.

Säteilytapaturmaan saattaa liittyä ulkoinen altistuminen, vaatteiden ja ihon radioaktiivinen kontaminaatio, sisäinen kontaminaatio sekä näiden lisäksi myös mekaanisia vammoja. Tapaturmassa ensisijainen toimenpide on estää enempi altistus. Sen sijaan ensiavulla ei voi vaikuttaa säteilyvaurion myöhempään kehitykseen. Jos tapaturmaan liittyy mekaanisia vammoja, niitä hoidetaan ensisijaisesti kiireellisyyden mukaan riippumatta säteilyaltistuksesta.

Radioaktiivisen kontaminaation levittäminen sairaalaympäristössä on vältettävä ottamalla vastaan saastuneet potilaat erillisessä tilassa. Vaatteiden poisto ja pesu lämpimällä vedellä ja saippualla poistaa 95 prosenttia ulkoisesta kontaminaatiosta. Vakavan sisäisen kontaminaation hoitoon on rajalliset keinot.

Tapahtumassa, jossa yleisö on voinut altistua säteilylle, tiedon ja neuvonnan tarve on erittäin suuri. Terveystieteiden tutkimuksessa on varauduttava siihen, että monet

potilaat yhdistävät erilaisia oireitaan säteilyaltistukseen, vaikka altistusta ei ole tai se on hyvin vähäistä. Tällöin tarvitaan pikaisesti perustietoa siitä, minkä suuruisia säteilyannoksia tilanteessa on ollut mahdollista saada, ja minkälaisia oireita tästä voi aiheutua.

Asiasanat

altistuminen, radioaktiiviset aineet, säteily, tapaturmat, terveydenhuolto

Sammandrag

*Strålningsolyckor. Undersökning och vård av personer som utsatts för strålning. Helsingfors 2008. 47 s. (Social- och hälsovårdsministeriets publikationer, ISSN 1236-2050, 2008:14)
ISBN 978-952-00-2630-1 (inh.), ISBN 978-952-00-2605-9 (PDF)*

- Strålningsolyckor är mycket ovanliga, och Finland saknar erfarenhet av att vårda personer som utsatts för joniserande strålning genom olycksfall. Inom hälsovården måste man likväl vara beredd på situationer där människor har eller kan ha exponerats för strålning.

En olycka kan inträffa i samband med användning av strålning inom medicin eller industri, eller vid transport av radioaktiva ämnen. En strålkälla som hamnat på villovägar orsakar fara för allmänheten. Även avsiktligt spridande av radioaktivitet är ett möjligt hot. Vid en olycka på en kärnanläggning kan personer få strålskador inom anläggningen och i värsta fall även utanför den. Det ultimata scenariot är en kärnvapensprängning.

Om hela kroppen exponeras för stark gammastrålning kan det leda till strålsjuka. Om det finns många allvarligt exponerade personer, är det viktigt att välja rätt vårdplats för var och en. Den vårdnivå som behövs fastställs inom någon dag på basis av den kliniska bilden och den uppskattade stråldosen.

Om en ovetande person hållit en stark sluten strålkälla i handen eller i fickan, kan följden vara en allvarlig lokal skada som förvärras i vågor under en lång tid framåt. En utmaning för läkaren är att identifiera en strålskada, om patienten inte har varit medveten om exponeringen. Vården av en svår lokal strålskada är ytterst krävande.

En strålningsolycka kan medföra exponering för extern strålning, radioaktiv kontaminering av kläder och hud, intern kontaminering och därtill också mekaniska skador. Den första åtgärden vid en olycka är att förhindra vidare exponering. Däremot kan man inte med första hjälp inverka på strålskadans senare utveckling. Om det även finns mekaniska skador, skall de skötas om i första hand enligt prioritet, oberoende av exponeringen.

Spridning av radioaktiv kontaminering i sjukhusmiljö skall undvikas genom att ta emot kontaminerade patienter i ett avskilt utrymme. Avklädning och tvätt med varmt vatten och tvål avlägsnar 95 % av extern kontaminering. För vård av allvarlig intern kontaminering är möjligheterna begränsade.

Efter en händelse där allmänheten kan ha exponerats för strålning uppstår ett mycket stort behov av information och rådgivning. Inom hälsovården bör

man vara beredd på att många patienter kopplar samman olika symptom med strålningsexponering, även om de inte exponerats alls eller bara obetydligt. Bas-kunskap om hur stora stråldoser det varit möjligt att få och hurdana symptom de kan orsaka behövs då snabbt.

Nyckelord

exponering, hälso- och sjukvård, olyckor, radioaktiva ämnen, strålning

Summary

Radiation accidents. Examination and treatment of persons exposed to radiation. Helsinki 2008. 47pp. (Publications of the Ministry of Social Affairs and Health, Finland, ISSN 1236-2050, 2008:14)
ISBN 978-952-00-2630-1 (pb), ISBN 978-952-00-2605-9 (PDF)

- Radiation accidents are very rare, and in Finland there is no experience of treating patients that have been accidentally exposed to ionizing radiation. Still the health care system should be prepared for situations where people have been or may have been exposed to radiation.

An accident can occur in connection with medical or industrial use of radiation, or during transport of radioactive material. An orphan source, which has escaped from control, poses a danger to the public. Even deliberate, malevolent spreading of radioactivity is a possible threat. In case of an accident in a nuclear reactor there may arise radiation injuries inside the building or, in the worst of cases, even outside it. The ultimate scenario is detonation of a nuclear weapon.

Whole-body exposure to strong gamma-radiation may lead to an acute radiation syndrome. If there are many severely exposed persons, it is important to choose the right level of care for everyone. The decision can be taken within two days, based on the clinical picture and estimated dose.

Keeping a strong, sealed source with a bare hand or in a pocket, without knowledge of its character, may cause serious local injury, which may recur in waves during months or even years. For a medical doctor, if the patient is not aware of any exposure, it is a challenge to recognize a radiation injury. Treatment of a serious local radiation injury is extremely difficult.

A radiation accident can cause external exposure, radioactive contamination of clothes and skin, internal contamination, and also conventional trauma. The first priority in an accident is to stop any further exposure. Medical first aid will not have any influence on the further course of a radiation injury. If there are mechanical injuries, they should be treated in the first place in accordance with their urgency, regardless of radiation exposure.

Spreading of radioactive contamination in hospital surroundings should be prevented by designing a separate area for the contaminated patients. Removing clothes and washing with soap and warm water will remove 95% of the external contamination. For treatment of internal contamination there are only limited possibilities.

After an accident with possible exposure of the public there will be an immense demand for information and advice. Medical personnel should notice that many patients might ascribe diverse symptoms to radiation exposure, even if they have not been exposed at all or have only been exposed to insignificant doses. In such situations there will be an urgent need for basic knowledge of potential radiation doses and corresponding symptoms.

Key words

accidents, exposure, health care, radiation, radioactive material

Sisällys

Esipuhe	10
1 Johdanto	11
2 Valtakunnallinen varautuminen	12
3 Paikallinen varautuminen	13
4 Altistuksen laatu	14
5 Uhkakuvat	16
6 Äkillinen kokokehoaltistus – säteily sairaus	19
7 Paikallinen säteilyvamma	21
8 Tapaturmassa huomioitavat henkilöryhmät.....	22
9 Potilaiden luokittelu (triage) tapahtumapaikalla.....	24
10 Annosarvio ja hoidon suunnittelu vastaanottavassa sairaalassa	26
11 Biologinen annosarvio	29
12 Säteily sairauden hoito	30
13 Kontaminoituneet potilaat sairaalassa.....	32
14 Sisäinen kontaminaatio	35
Kirjallisuutta	37
Liitteet:	
Liite A Ydinlaitostapahtumien kansainvälinen vakavuusluokitus INES ..	38
Liite B Säteilylle altistuneen/kontaminoituneen potilaan seurantalomake.....	39
Liite C Verisolujen määrän kehitys äkillisen säteilyaltistuksen jälkeen....	43
Liite D Lista radioaktiivisista aineista, joiden poistumista on mahdollista nopeuttaa vasta-aineilla	45

Esipuhe

- Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA edellyttää turvallisuusstandardin mukaan säteilylle altistuneiden hoidon ohjeistusta kaikissa jäsenmaissa. Suomen oloihin soveltuva nykyaikaista esitystä säteilylle altistuneiden potilaiden hoidon järjestämisestä ei ole ollut käytettävissä. Lääkintöhallituksen julkaisu ”Säteilyä saaneiden henkilöiden hoidon järjestäminen poikkeusoloissa” on osittain vanhentunut. Se ei enää täysin vastaa tämän päivän tilannetta eikä toimintaympäristön muutoksia. Aloite tämän oppaan laatimiseksi on syntynyt Säteilyturvakeskuksessa.

Oppaan valmistelusta päävastuun on kantanut Säteilyturvakeskuksen ylilääkäri Wendla Paile. Useat Säteilyturvakeskuksen asiantuntijat ovat tarkastaneet tekstin, ja myös ulkopuolisilta asiantuntijoilta saadut kommentit on huomioitu.

Nyt valmistunut opas koskee normaaliolojen säteilytilannetta. Sitä voidaan kuitenkin hyödyntää, kun suunnitellaan toimintaperiaatteita poikkeusoloihin varautumista varten. Varsinaisiin poikkeusolojen mukaisiin uhkakuviin oppaassa ei ole kuitenkaan puututtu.

Sosiaali- ja terveysministeriö kiittää oppaan kirjoittajaa ja muita sen laatimiseen osallistuneita asiantuntijoita arvokkaasta panoksesta, jonka toivomme edistävän väestön terveyden suojelua säteilyvaaratilanteissa.

Opas korvaa Lääkintöhallituksen julkaisun nro 15 vuodelta 1982.

Valmiuspäällikkö *Jouko Söder*
Sosiaali- ja terveysministeriö
Valmiusyksikkö

I Johdanto

- Säteilyonnettomuus, jossa ihmisiä altistuu tapaturmaisesti ionisoivalle säteilylle, on hyvin harvinainen tapahtuma eikä vakavaa tapaturmaa ole Suomessa koskaan sattunut. Siten kliinistä kokemusta säteilyvamman tunnistamisesta tai hoidosta ei maassamme ole. Tapaturman ehkäisy onkin kaikkein tärkeintä. Tapaturmia voidaan ehkäistä tehokkaasti pitämällä koulutus ja turvallisuus-kulttuuri korkealla tasolla. Säteilyonnettomuuden tai ydinonnettomuuden mahdollisuutta ei kuitenkaan voi kokonaan sulkea pois.

Säteily- ja ydintoiminnassa vaaratilanteiden mahdollisuus on hyvin tiedostettu, ja niihin tulee varautua toimintapaikalla. Kansallisella tasolla on kuitenkin varauduttava myös täysin odottamattomaan tapahtumaan, joka ei liity mihinkään tiedossa olevaan tavanomaiseen toimintaan. Uutena uhkakuvana on noussut esille radioaktiivisten aineiden tahallinen levittäminen ns. likaisen pommin muodossa tai muilla keinoin tai ihmisten tahallinen altistaminen säteilylle muulla tavalla. Varsinkin tilanteessa, jossa suuri määrä ihmisiä on tai on voinut altistua säteilylle, on tärkeä tietää miten altistuneet voidaan tunnistaa, miten heidät voidaan luokitella altistuksen vakavuuden mukaan ja minkä tasoista hoitoa altistus edellyttää. Tässä ohjeessa käsitellään äkillisiä säteilyvammoja, ulkoista ja sisäistä kontaminaatiota sekä yhdistelmävammoja. Säteilyn satunnaisia myöhäisvaikutuksia tai psykososiaalisia vaikutuksia ei käsitellä.

2 Valtakunnallinen varautuminen

- Helsingin yliopistollinen keskussairaala vastaa valtakunnallisella tasolla säteilyvaurion saaneiden hoidosta. Säteilysairautta hoidetaan Meilahden sairaalan hematologian klinikalla ja paikallinen säteilyvamma Töölön sairaalassa. Toisijaisesti vakavaa säteilysairautta voidaan hoitaa Turun yliopistollisen keskussairaalan hematologisella osastolla ja paikallista säteilyvammaa Kuopion yliopistollisessa sairaalassa. Koska vakava altistus on äärimmäisen harvinainen tapahtuma, ei ole tarkoituksenmukaista suunnitella altistuneiden hoitoa useassa sairaalassa. Jos altistuneiden määrä on suuri, voidaan kuitenkin lievemmin altistuneita sijoittaa muuallekin (ks. taulukko 3, luku 10).

Meilahden sairaala on varautunut ottamaan vastaan potilaita, jotka ovat saastuneet kemiallisesti tai radioaktiivisesti. Säteilyturvakeskuksella on ympärivuorokautinen asiantuntijapäivystys. Jos epäillään säteilyvammaa tai tapaturmaista säteilyaltistusta, on viipymättä otettava yhteys Säteilyturvakeskukseen. Virka-ajan ulkopuolella kontakti saadaan hätäkeskuksen kautta (hätänumero 112).

3 Paikallinen varautuminen

- Ydinvoimalaitoksilla on vastuu kontaminoituneiden henkilöiden asianmukaisesta käsittelystä laitoksella. Ydinvoimalaitosten on varauduttava antamaan tarvittavaa opastusta ja tekemään säteilymittauksia sairaankuljetuksen aikana ja potilasta vastaanottavassa hoitolaitoksessa, mikäli kiireellinen kuljetus on välttämätön muusta syystä. Ydinvoimalaitosten lähellä olevien hoitopisteiden on varauduttava ottamaan vastaan altistuneita ja/tai kontaminoituneita potilaita. Ympäri vuorokautinen valmius on keskussairaالاتasolla. Muualla maassa ei edellytetä ennakkovarautumista, koska tällainen tapahtuma on paikalliselta kannalta katsoen äärimmäisen epätodennäköinen. Tämän ohjeen sisältämä tieto on tarpeen, jotta sairaaloissa voidaan toimia oikealla tavalla myös täysin odottamattomassa tilanteessa, johon liittyy säteilyä.

4 Altistuksen laatu

- **Ulkoinen altistus** aiheutuu säteilylähteestä, joka sijaitsee kehon ulkopuolella. Gammasäteily voi tunkeutua syvälle kehoon ja aiheuttaa kudсовammoja tai säteilysairautta, vaikka lähde ei ole kosketuksessa ihmiseen. Säteilyannos määräytyy säteilyn voimakkuudesta ja altistusajasta. Altistus pienikokoisesta lähteestä jakautuu hyvin epätasaisesti, jolloin paikallinen vamma voi olla erittäin vakava, vaikka kokokehoannos ei olisi kovin suuri. Annosnopeus pienenee nopeasti, kun etäisyys säteilylähteeseen kasvaa. Altistus loppuu, kun lähde poistetaan tai henkilö siirretään pois lähteen läheisyydestä. Altistunut henkilö, joka ei ole kontaminoitunut, ei itse muutu säteileväksi eikä levitä radioaktiivisuutta ympärilleen. Pelkästään ulkoisesti altistuneen, ei-kontaminoituneen potilaan hoidossa ei tarvita erityistoimia henkilökunnan tai ympäristön suojaamiseksi.

Pehmeä röntgensäteily (alle 30 keV) voi aiheuttaa ihovaurioita, mutta vamma jää pinnalliseksi. Kova röntgensäteily tunkeutuu syvemmälle. Beetasäteily ei tunkeudu syvälle kudoksiin ulkoapäin. Se voi kuitenkin aiheuttaa vaikeita ihovaurioita, jos lähde koskettaa ihoa, etenkin jos säteilyn energia on yli 1 MeV. Kova beetasäteily voi vaurioittaa myös ihonalaisia verisuonia, jolloin vamma paranee huonosti. Kova beetasäteily kantaa ilmassa joitakin metrejä, joten esim. voimakas strontium-90-laskeuma voi aiheuttaa ihovaurioita alavartalolle käveltäessä säteilevällä alueella. Alfasäteily ei aiheuta ulkoista altistusta, koska alfahiukkaset eivät tunkeudu ehjän orvaskeden läpi.

Ulkoisen altistuksen arviointi perustuu fysikaaliseen tilannearvioon (annosnopeus, altistusaika), kliinisiin oireisiin (taulukko 3), lymfositien määrään (taulukko 2, kuva C-1) sekä biologiseen annosarvioon (luku 11).

Ulkoinen kontaminaatio syntyy, kun radioaktiivista ainetta tarttuu iholle tai vaatteisiin pölynä, nesteinä, aerosolina tai hiukkasina. Jos aineesta lähtee kova beetasäteilyä, siitä voi aiheutua ihovaurioita. Kontaminoituneet henkilöt voivat levittää radioaktiivisuutta ympäristöönsä, ja ulkoisesta kontaminaatiosta seuraa helposti myös sisäinen kontaminaatio etenkin sormien ja suun kautta. Ulkoinen kontaminaatio arvioidaan pintakontaminaatiomittarilla (luku 13). Kontaminoituneiden henkilöiden käsittelyssä on käytettävä suojavaatetusta. Suojapuvut, käsineet ja hengityssuojaimet suojaavat henkilökuntaa kontaminaatiolta, mutta eivät vähennä altistusta ulkoiselle gammasäteilylle. Kontaminoituneesta potilaasta lähtevä gammasäteily ei kuitenkaan muodosta vakavaa uhkaa hoitohenkilökunnan terveydelle.

Sisäinen kontaminaatio syntyy, kun kehoon pääsee radioaktiivista ainetta suun kautta, hengityksen mukana tai avohaavojen kautta. Sen sijaan vain harvat radioaktiiviset aineet (tritium, jodi, cesium) imeytyvät merkittävässä määrin ehjän ihon läpi. Sisäisesti saatuna etenkin alfa- ja beetasäteily pystyy vaurioittamaan syvällä sijaitsevia kudoksia, kuten keuhkoja, luuydintä, limakalvoja ja munuaisia. Aineen jakautuminen kudoksissa määräytyy sen kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista sekä aineenvaihdunnasta. Altistus jatkuu niin kauan kuin radioaktiivista ainetta on jäljellä. Altistuksen kesto riippuu sekä radioaktiivisesta puoliintumisajasta että erittymisestä, ja se vaihtelee aineesta toiseen hyvin paljon (vrt. taulukko 1). Erittyminen tapahtuu virtsan, ulosteen ja hien mukana. Vakavan sisäisen saastumisen jälkeen eritteet voivat muodostaa säteilyhygieenisen ongelman, joka pitää sairaalaloissa ottaa huomioon.* Sisäinen kontaminaatio arvioidaan henkilön lähettämästä gammasäteilystä tai analysoimalla alfa-, beeta- ja gamma-aktiivisuutta eritteistä (luku 14).

Onnettomuudessa altistuneilla ihmisillä voi olla erilaisia yhdistelmiä tasaisia tai epätasaisia ulkoista altistusta sekä ulkoista ja/tai sisäistä kontaminaatiota. Tähän saattaa liittyä myös konventionaalisia vammoja, jotka vaikuttavat hoidon tarpeeseen ja ennusteeseen.

Taulukko 1. Joidenkin nuklidien efektiiviset puoliintumisajat kehossa.

Nuklidi	Kriittinen elin	Radioaktiivinen puoliintumisaika	Efektiivinen puoliintumisaika
Jodi-131	Kilpirauhanen	8 päivää	Noin 7 päivää
Cesium-137	Pehmytkudokset	30 vuotta	50 - 150 päivää
Tritium (epäorgaaninen)	Koko keho	12 vuotta	7 - 10 päivää
Strontium-90	Luukudos	29 vuotta	useita vuosia

* Alexander Litvinenko, joka murhattiin radioaktiivisella poloniumilla Lontoossa 2006, levitti etenkin hikoilullaan huomattavasti radioaktiivisuutta ympäriinsä.

5 Uhkakuvat

- Seuraaviin tilanteisiin liittyy säteilyaltistuksen vaara:
 - tapaturma säteilyn käytön yhteydessä (umpi- ja avolähteet, röntgenlaitteet, hiukkaskiihdyttimet)
 - kuljetusonnettomuus
 - isännätön säteilylähde
 - tahallinen, rikollinen toiminta:
 - piilotettu, suojaamaton säteilylähde
 - elintarvikkeiden saastuttaminen radioaktiivisella aineella
 - radioaktiivisten aineiden levittäminen ympäristöön:
”likainen” pommi, jauhe, aerosoli tai neste
 - muu odottamaton tilanne
 - ydinonnettomuus
 - ydinräjähdys.

Voimakkaiden **umpilähteiden käyttöön** teollisuudessa ja lääketieteessä liittyy aina ulkoisen altistuksen vaara onnettomuuden tai karkean huolimattomuuden seurauksena. **Avolähteiden käyttö** laboratoriossa voi tapaturman sattuessa aiheuttaa työntekijöille ulkoista tai sisäistä kontaminaatiota. Säteilytoiminnan turvallisuusvaatimukset ovat tiukat, samoin työntekijöille asetettavat koulutusvaatimukset. Jos tapaturmainen altistus sattuu, tapahtuma todennäköisesti huomataan pian, paikalla on säteilyn asiantuntijoita ja karkea annosarvio saadaan nopeasti. Yleensä altistuneita on rajallinen määrä eikä altistusta tapahdu käyttöpaikan ulkopuolella. Säteilytoimintaan liittyviin vaaratilanteisiin on mahdollista ja aiheellista varautua etukäteen. Paikallinen varautuminen on toiminnan harjoittajan vastuulla.

Kuljetusonnettomuus on esimerkki tapahtumasta, johon ei voi varautua paikallisesti. Radioaktiivisia aineita kuljetetaan paljon maanteillä ja rautateillä sekä ilma- ja laivaliikenteessä. Suurin osa näistä menee lääketieteelliseen käyttöön. Radioaktiivisten aineiden kuljetuksia ja pakkausten kestävyyttä koskevat tiukat määräykset ehkäisevät merkittäviä päästöjä ympäristöön, vaikka sattuisi liikenneonnettomuus. Vakavaa altistumista kuljetusonnettomuuden seurauksena ei ole koskaan raportoitu, ja uhkaa voikin pitää pienenä.

Jos onnettomuus sattuu säteilytoiminnan yhteydessä, altistuksen mahdollisuus on yleensä tiedossa ja altistuneilla ilmenevät oireet pystytään yhdistämään suoraan tapahtuneeseen, vaikka ne tulisivat ilmi vasta jonkin ajan kuluttua. **Isännätön säteilylähde** voi synnyttää toisenlaisen vaaratilanteen. Kadotetut tai varastetut lähteet ovat aiheuttaneet maailmalla lukuisia vakavia tapaturmia

jouduttuaan tietämättömien ihmisten käsiin. Näissä tapauksissa usealla ihmisellä on ilmennyt oireita eikä säteilyaltistusta ole aluksi osattu epäillä, jolloin tilanne on pitkittynyt ja altistuneiden lukumäärä noussut. Suomessa säteilylähteitä valvotaan tiukasti eikä niiden katoaminen ole todennäköistä. Tulli valvoo säteilymittauksin rajamme yli tulevaa liikennettä, jotta isännättömiä lähteitä ei tulisi meille ulkomailtakaan. Silti ei ole täysin poissuljettavissa, että vaarallinen säteilylähde joutuisi esim. kierrätysmetallin sekaan.

Tahallinenkin **suojaamattoman lähteen piilottaminen** yleiselle paikalle on mahdollinen uhka. Säteilyä ei voi tuntea eivätkä säteilyvamman oireet ilmene välittömästi, minkä vuoksi yhteys säteilylähteen ja sairastumisen välillä ei ole ilmiselvää. Viive tilanteen tunnistamisessa johtaa tällöin väistämättä altistuneiden määrän kasvuun. Altistuksen tarkka ajankohta ei välttämättä selviä edes jälkeenpäin. Jos usealla ihmisellä ilmenee samantyyppisiä ihovammoja ja/tai pahoinvointia, verenvuototaipumusta tai verenkuvan muutoksia, olisi säteilyvamman mahdollisuus pidettävä mielessä.

Tahallinen **elintarvikkeiden tai veden saastuttaminen** tuskin voi aiheuttaa merkittävää altistusta suurelle ihmisjoukolla, mutta määrätyn ruokaerän saastuttaminen voisi aiheuttaa merkittävää sisäistä altistusta pienelle joukolla. Taloudelliset ja psykologiset seuraukset voisivat olla hyvin laajamittaisia.

Likainen pommi eli radioaktiivisen aineen levittäminen tavanomaisen räjähteen avulla julkisella paikalla voi saastuttaa laajan alueen ja aiheuttaa pelkoa, sekasortoa ja valtavaa taloudellista tuhoa. Lähellä räjähdystä voi ihmisillä esiintyä mekaanisia vammoja ja voimakasta ulkoista ja/tai sisäistä kontaminaatiota. Kiinteät kappaleet haavoissa voivat olla säteileviä. Räjähdyspaikan välittömässä läheisyydessä henkilöt voivat saada suuren kokokehoannoksen tai paikallisanannoksen. Tällaisessa tilanteessa on varauduttava myös siihen, että huolestuneita ihmisiä, jotka pelkäävät altistuneensa ja kaipaavat mittausta sekä lääketieteellistä neuvoa, on erittäin paljon. Vakavasti altistuneiden määrä olisi rajallinen, mutta lievemmin saastuneita tai potentiaalisesti saastuneita voisi olla paljon. Monitoroinnin ja puhdistuksen tarve olisi hyvin suuri. Tapahtumapaikka ei ole ennakoitavissa, joten paikallinen varautuminen etukäteen ei ole mahdollista. Altistuksen ajankohta sen sijaan on selkeä, mikä mahdollistaa alustavan annosarvion alkuoireiden perusteella.

Vaikka uhkakuviin varaudutaan parhaan tiedon ja kokemuksen pohjalta, voi sattua myös täysin **ennalta arvaamaton tapahtuma**, jota ei ole voitu kuvitella ja johon ei ole osattu varautua. Tästä esimerkkinä on Lontoossa vuonna 2006 sattunut murha radioaktiivisella poloniumilla. Poliisitutkinnassa löytyi poloniumia useasta julkisesta tilasta. Viranomaisten oli toimittava tilanteessa, johon ei ollut mahdollista varautua (ei ollut ”polonium-suunnitelmaa”). Heidän piti nopeasti kartoittaa kontaminaation laajuus sekä löytää ja tutkia mahdollisesti altistuneet henkilöt. Uudet altistumiset piti estää ja suurta yleisöä samalla rauhoittaa. Tutkitusta 740 virtsanäytteestä toistasataa osoittautuikin

lievästi saastuneiksi, mutta kukaan sivullinen ei altistunut vakavasti. Tapahtuma valaisee, miten todellisuus aina yllättää, ja tähänkin olisi varauduttava.

Ydinonnettomuudessa säteilyvammoja voi pahimmassa tapauksessa syntyä sekä ydinvoimalaitoksen sisällä että suojaamattomille ihmisille sen ulkopuolella. Kauempanakin väestö voi altistua merkittävälle laskeumalle, joka edellyttää puhdistustoimia. Kaukolaskeuma kymmenien kilometrien etäisyydellä laitoksesta ei pahimmankaan uhkakuvan mukaan kuitenkaan aiheuttaisi väestön keskuudessa äkillistä säteilytautiä. Elintarvikkeiden saastuminen siinä määrin, että käyttörajoitukset olisivat aiheellisia, voisi esiintyä jopa tuhansien kilometrien etäisyydellä. Ydinlaitostapahtumien kansainvälinen tapahtuman vakavuutta kuvaava luokitus ulottuu tasolta 0 (ei turvallisuusmerkitystä) tasolle 7 (Tshernobylin ydinvoimalaitoksen onnettomuus) (ks. liite A). Asteikossa otetaan huomioon säteilyvammojen mahdollisuus seuraavasti: Jos laitoksen työntekijä on saanut säteilyvamman, tapahtuman taso on vähintään 3. Jos tapahtuma edellyttää vastatoimia väestön suojelemiseksi, kyseessä on vähintään taso 5. Jos päästö on hyvin merkittävä, jolloin säteilyvammat ovat mahdollisia laitoksen ulkopuolellakin, on kyse vähintään tasosta 6; tätä alemmalla tasolla ei voi esiintyä säteilyvammoja sivullisilla.

Kaikissa yllä kuvatuissa tapauksissa vakavasti altistuneiden määrä on rajallinen. On äärimmäisen epätodennäköistä, että syntyisi tilanne, jossa Suomen sairaanhoidon kapasiteetti ei riittäisi antamaan kaikille korkeatasoista hoitoa. Täysin erilainen tilanne on **ydinaseräjähdyks**, jossa vakavasti loukkaantuneiden, altistuneiden ja kontaminoituneiden lukumäärä ylittäisi kaikki ennakkovarautumisen mahdollisuudet. Jos tällainen katastrofi sattuisi muualla maailmassa, kansainvälistä apua saatetaan kysyä myös Suomesta.

6 Äkillinen kokokehoaltistus – säteily sairaus

- Jos koko keho altistuu lyhyessä ajassa läpätunkevalle ulkoiselle säteilylle, joka ylittää tietyn kynnsarvon, seurauksena on äkillinen säteily sairaus. Sairaus etenee kolmessa vaiheessa: alkuoireet, latenssivaihe ja varsinainen sairaus. Alkuvaiheessa tehtävä hoitosuunnitelma perustuu kahden ensimmäisen vuorokauden aikana ilmeneviin oireisiin sekä tänä aikana tehtäviin laboratoriotutkimuksiin.

Alkuoireisiin kuuluu pahoinvointia, ruokahaluttomuutta, oksentelua ja väsymystä. Ensimmäinen kliininen arvio altistuksen vakavuudesta perustuu pahoinvointiin, joka alkaa muutaman tunnin sisällä altistuksesta. Mitä nopeammin ja voimakkaammin pahoinvointi ilmenee, sitä korkeammasta annoksesta on kyse. Ripuli, kuume, päänsärky ja lihasheikkous viittaavat korkeaan annokseen. Oksentaminen puolen tunnin sisällä äkillisen altistuksen jälkeen on merkki hengenvaarallisesta annoksesta. Toisaalta pahoinvointi voi liittyä tilanteeseen psyykkisistä tai muista syistä. Jos sen sijaan 3 - 4 tunnin sisällä ei ilmene minkäänlaista pahoinvointia, äkillinen kokokehoannos ei ole ollut niin korkea, että säteily sairaus kehittyi. Jos lähde on pienikokoinen ja altistus hyvin epätasainen, vakava paikallinen vamma on silti mahdollinen.

Alkuoireet asettuvat vuorokauden kuluessa ja seuraa **latenssivaihe**, jolloin potilaan olo väliaikaisesti kohenee. Parin viikon kuluttua **luuydin vaurio** kehittyy täyteen mittaansa. Tällöin taudinkuvaan kuuluu neutropeeninen kuume, systeemiset ja paikalliset infektiot ja verenvuototaipumus. Korkeamman annoksen jälkeen vähäoireinen latenssiaika kestää vain muutamia päiviä.

Jos kokokehoannos on ylittänyt 6 - 7 Gy*, luuytimen tuhoutuminen on lähes täydellinen, ja lisäksi **suoliston limakalvo** vaurioituu pahoin. Lyhyen latenssiajan jälkeen seuraa ripuli, mahdollisesti veriripuli. Septisen tilan uhka on tällöin ilmeinen. Suuontelon limakalvon tulehdus ja ihovauriot komplisoivat tilannetta.

Usean kymmenen grayn annos johtaa **keskushermostovaurioon**, jonka taustalla on aivojen verisuonivaurio ja aivoödeema. Lähes välittömän, rajun oksentelun ja äärimmäisen voimattomuuden jälkeen seuraa muutamassa tunnissa tajuttomuus ja parin päivän sisällä kuolema.

Kokokehoannos, jonka jälkeen puolet altistuneista kuolee kahdessa kuu- kaudessa (LD 50/60), on noin 3,5 Gy, mikäli altistuneet eivät saa minkäänlaista

* Gy (gray), absorboituneen säteilyannoksen yksikkö. Absorboitunut annos ilmaisee energiamäärän, jonka säteily on jättänyt kudokseen massayksikköä kohti. 1 Gy = 1 J/kg.

hoitoa. Yli 8 - 10 Gy:n tasainen annos johtaa yleensä kuolemaan hoidosta huolimatta, vaikka potilasta voidaankin pitää elossa useita kuukausia altistuksen jälkeen. Keuhkot eivät pitkällä tähtäimellä kestä yli 10 Gy:n äkillistä annosta. Ajan myötä useat elinsysteemit pettävät säteilyvaurioiden kehittyessä (multi-organ failure, MOF).

Jos korkea kokokehoannos on kertynyt tuntien tai vuorokausien kuluessa, alkuoireet kehittyvät hiipivästi eikä niiden aikataulusta voi tehdä päätelmiä annoksen suuruudesta. Hengenvaarallinen annos voi syntyä myös viikkojen kuluessa lähiympäristöön piiloutuneesta lähteestä, jolloin pahoinvointia ei ehkä esiinny lainkaan, vaan luuydin tuhoutuu pikkuhiljaa. Ensimmäisenä oireena on tällöin yleensä trombosytopenian aiheuttama vuototaipumus.

Epätasaisen altistuksen jälkeen voi esiintyä vaikeita, jopa henkeä uhkaavia paikallisia säteilyvaurioita ihossa ja muissa elimissä, vaikka luuydinvaurio ei olisi kovin vakava.

7 Paikallinen säteilyvamma

- Säteilyonnettomuudet, jotka ovat johtaneet paikalliseen vammaan, ovat maailmanlaajuisesti paljon yleisempiä kuin vakavaan kokokehoaltistukseen johtaneet tapahtumat. Paikalliselle säteilyvammalle ominaista on hidas, hiipivä alku, eteneminen aalloittain ja uusiutuminen vielä kuukausien, jopa vuosien kuluessa. Vaikea, krooninen kulku on säteilyvammalle tyypillinen piirre. Hoito on haasteellista ja kuuluu plastiikkakirurgiaan ja palovammoihin erikoistuneeseen huippuyksikköön.

Yleislääkärille haasteena on säteilyvamman tunnistaminen, kun altistuksesta ei ole tietoa. Ensihoidolla ei voi vaikuttaa vamman myöhempään kehitykseen. Säteilyvamman tyypillinen sijainti on kädet, etenkin sormet. Voimakkaan lähteen käsittely voi hyvin lyhyessä ajassa aiheuttaa vakavan vamman. Taskussa pidetyt lähteet ovat aiheuttaneet erittäin vakavia vaurioita pakarassa, reidessä tai rintalihaksen kohdalla. Toisin kuin palovammassa, säteilyvamma ei tule esille heti eikä kipua tunnu. Punotus ja vähäinen pistely tai kutina alkaa vasta usean tunnin sisällä. Ellei paikallinen annos ole erittäin korkea, punotus asettuu muutamassa päivässä. Henkilö ei välttämättä tiedä altistuneensa eikä tässä vaiheessa ehkä hakeudu hoitoon. Alkuvaiheen punotus ei myöskään kerro vamman lopullisesta laajuudesta.

Parin viikon kuluttua seuraa toinen punotusaalto. Lievempi vamma päättyy tämän jälkeen kuivaan hilseilyyn, mutta vaikeammassa tapauksessa kehittyy nestetäytteisiä rakkuloita tai haavaumia. Vaikka haava välillä kasvaisi umpeen, korkean annoksen jälkeen saattaa vielä kuukausien jälkeen seurata kolmas punotusaalto ja uudet haavaumat. Tällöin syynä on ihonalaisten verisuonien vaurio, arpeutuminen ja tukkeutuminen. Siitä seuraa laajeneva kuduskuolio, ja uhkana on myös vakava paikallinen infektio. Tässä vaiheessa potilaalla voi olla sietämättömän kovaa kipua, ja hoito on hyvin vaikeaa. Ihonsiirrolle on huonot mahdollisuudet, jos verenkierto on tuhoutunut eikä alla ole tervettä kudosta. Amputaatio on usein välttämätön. Sen ajoitus on tärkeä. Ennen amputaatiota tulisi odottaa, kunnes tarvittava laajuus on selvillä, mutta potilaan kärsimystä ei tule pidentää lykkäämällä leikkausta liiaksi.

Valtakunnallinen vastuu vaikean tapauksen hoidosta on Töölön sairaalalla. Kansainvälisesti säteilyvammojen hoidon huippuosaaminen on Ranskassa, jossa muissa maissa sattuneita, erittäin vaikeita vammoja on viime vuosina hoidettu uusilla menetelmillä hyvin tuloksin.

8 Tapaturmassa huomioitavat henkilöryhmät

- Onnettomuudessa, jossa säteilylle altistuneita ja/tai kontaminoituneita henkilöitä on tai voi olla paljon, on käytännössä kyettävä pikaisesti erottamaan uhrien joukosta seuraavat ryhmät:

Henkilöt, joilla on suureen kokokehoaltistukseen viittaavia oireita

Äkillisen, korkean kokokehoaltistuksen ensimmäiset oireet ovat pahoinvointi ja oksennus, jotka alkavat tunnin tai muutaman tunnin sisällä annoksesta riippuen. Säteilypalovamman aiheuttama alkuvaiheen punotus alkaa vasta usean tunnin kuluttua, toisin kuin kuumuudesta tai kemikaaleista johtuva vamma, joten pian tapaturman jälkeen havaittava punotus ei viittaa säteilyaltistukseen. Oireilevat henkilöt kuuluvat lähimpään sairaalaan jatkoselvittelyä varten.

Henkilöt, joilla on kombinoitu vamma (sekä säteilyvamma että konventionaalinen vamma)

Tällaisten uhrien käsittely määräytyy alkuvaiheessa konventionaalisen vamman perusteella. Konventionaalinen vamma voi vaatia kiireellistä ensihoitoa, toisin kuin säteilyvamma. Kombinoitu vamma huonontaa säteilyvaurion ennustetta, ja samoin voimakas säteilyaltistus vaikuttaa kielteisesti muiden vammojen paranemiseen.

Henkilöt, jotka ovat tai voivat olla ulkoisesti tai sisäisesti kontaminoituneita

Näitä henkilöitä voi olla hyvin paljon, ja heitä varten on järjestettävä monitorointia sekä puhdistustiloja. Kaikkien henkilötiedot kirjataan. Likaisen pommin räjähdysen jälkeen voisi lähellä räjähdystä esiintyä voimakkaasti beeta-aktiivisia, ”kuumia” hiukkasia tai fragmentteja, jotka voivat iholle jäädessään aiheuttaa paikallisia vaurioita, mutta muutoin äkilliset ihovaikutukset ovat epätodennäköisiä. Dekontaminaatiota tarvitaan altistuksen rajoittamiseksi, sisäisen altistuksen estämiseksi ja kontaminaation leviämisen estämiseksi. Kontaminoituneita henkilöitä, joilla ei ole vammoja eikä oireita altistuksesta, ei pidä lähettää sairaalaan. Sisäinen kontaminaatio selvitetään tarvittaessa myöhemmin kokokehomittauksella, kilpirauhasmittauksella tai eritenäytteestä.

Tilannearvion perusteella ulkoisesti altistuneet henkilöt, joilla ei vielä ole oireita

Ulkoiselle säteilylle altistuneet eivät tarvitse kiireellistä hoitoa, mutta sairaalassa tai terveyskeskuksessa on otettava tarpeelliset verinäytteet säteilyannoksen arviointia varten (ks. luku 10). Vaikea paikallinen säteilyvamma voi ilmetä myöhemmin.

Ei-altistuneet henkilöt, joilla on vammoja

Uhreja hoidetaan vamman laadun mukaan.

Henkilöt, jotka todennäköisesti eivät ole altistuneet eivätkä vammautuneet

Nämä henkilöt päästetään kotiin. Henkilötiedot on syytä ottaa ylös ennen kuin he poistuvat.

Henkilöt, jotka tarvitsevat terveysneuvontaa

Tapahtumassa, johon liittyy säteilyaltistusta, yleisön tiedon ja neuvonnan tarve on erittäin suuri. Puhelinneuvonta on syytä järjestää keskitetysti. Huolestuneet ihmiset, jotka pelkäävät altistuneensa, on ohjattava terveyskeskuksiin. Terveyskeskuksissa on varauduttava siihen, että potilaat liittävätkin erilaisia oireitaan säteilyaltistukseen, vaikka altistusta ei ole tai altistus on hyvin vähäistä. Perustieto siitä, minkälaisia säteilyannoksia on voitu saada tapaturmapaikalla ja sen läheisyydessä sekä minkälaisia oireita voi aiheutua erisuuruuksista annoksista, on pikaisesti välitettävä alueen kaikkiin terveyskeskuksiin.

9 Potilaiden luokittelu (triage) tapahtumapaikalla

- Jos tapaturmassa on useita uhreja, potilaiden ensi vaiheen luokittelu takaa kiireellisen hoidon siitä eniten hyötyville. Altistuksen päätyttyä ensihoidolla ei kuitenkaan pystytä vaikuttamaan säteilyvamman kliiniseen kehitykseen. Tapahtumapaikalla kiireellisen sairaalahoidon tarve määräytyykin puhtaasti konventionaalisten vammojen tai muun hoitoa vaativan tilanteen perusteella (esim. sydänkohtaus). Säteilyonnettomuuden ensimmäisessä vaiheessa tärkeintä on saada altistus loppumaan ja varmistaa, ettei lisää ihmisiä altistu. Vaara-alue rajataan tilannearvion tai säteilymittauksien perusteella ja ihmiset siirretään kiireesti sieltä pois. Uhrien lääketieteellinen ja radiologinen seulonta järjestetään vaara-alueen ulkopuolella. Jos tapahtumaan liittyy vakavia mekaanisia vammoja, henkeä pelastavat toimet aloitetaan kuitenkin välittömästi. Toiminnasta tapahtumapaikalla annetaan erilliset valmiusohjeet (kirjallisuusviitteet 6 ja 7).

Vakavasti vammautuneen potilaan tila hoidetaan stabiiliksi ennen kuljetusta (sydän, keuhkot, suuret vuodot ja murtumat), haavat peitetään ja hänet kuljetetaan sairaalaan puhdistamatta, mikäli tilanne vaatii. Jos mahdollista, kontaminoituneet vaatteet poistetaan ennen kuljetusta tai viimeistään kuljetuksen aikana. Ambulanssi suojataan käärimällä potilas huopaan, ja sairaalaan ilmoitetaan kontaminoituneen potilaan tulosta. Lievemmin vammautuneet, jotka tarvitsevat sairaalahoidoa, monitoroidaan ja puhdistetaan ennen kuljetusta.

Saastuneella alueella olleille järjestetään säteilymonitorointi puhtaassa ympäristössä. **Kontaminoituneet henkilöt** puhdistetaan mahdollisuuksien mukaan sopivassa paikassa tapahtuman lähellä. Kontaminoituneet vaatteet suljetaan muovisäkkeihin. Kenttäoloissa monitoroinnista ja puhdistuksesta vastaa pelastustoimi. Kontaminoituneet henkilöt, joilla ei ole vammoja eikä oireita säteilyaltistuksesta, eivät kuulu sairaalaan, mutta henkilötiedot ja mittaustiedot on kirjattava. Lievästi kontaminoitunut voi myös puhdistautua kotona suihkussa. Ainoastaan hyvin vakavasti kontaminoituneet (alfa-aktiivisuus iholla yli 1000 Bq/cm^2 * tai beeta-aktiivisuus yli 10000 Bq/cm^2 tai annosnopeus lähellä ihoa yli $2 \text{ } \mu\text{Sv/h}$ ***) kuuluvat sairaalaan tarkempaa tutkimusta ja puhdistusta

* Bq (becquerel), aktiivisuuden yksikkö. $1 \text{ Bq} = 1$ radioaktiivinen hajoaminen sekunnissa.

** $\mu\text{Sv/h}$ (mikrosievertiä tunnissa). Annosnopeudella tarkoitetaan mitattua annostasoa aikayksikköä kohti. Annosnopeus luonnon taustasäteilystä on noin $0,1 - 0,2 \text{ } \mu\text{Sv/h}$.

varten sisäisen kontaminaation riskin vuoksi sekä kovan beetasäteilyn osalta myös ihovaurion vaaran välttämiseksi.

Laajan kontaminaatiotapahtuman jälkeen on varauduttava siihen, että huolestuneita ihmisiä, jotka pelkäävät olevansa saastuneita, voi olla hyvin paljon. On pyrittävä järjestämään säteilymittaus kaikille sitä pyytävälle.

Hoitoa vaativan säteilyaltistuksen tunnistaminen tapaturman jälkeen perustuu alkuoireisiin. Oksentaminen tunnin tai muutaman tunnin sisällä altistuksesta voi olla merkki vakavasta altistuksesta. Henkilöt, jotka ovat olleet lähellä säteilylähdettä ja joilla on pahoinvointia, lähetetään sairaalaan tarkkailua ja verenkuvan seuranta varten (luku 10). Kontaminoituneet henkilöt puhdistetaan ennen kuljetusta.

Pahoinvointiin voi kuitenkin olla muitakin syitä. Jos tilannetietojen perusteella on epätodennäköistä, että henkilö on merkittävästi altistunut, verenkuvan seuranta voi tapahtua myös avohoidossa (terveyskeskuksessa). Ensimmäinen näyte otetaan mahdollisimman pian tapahtuman jälkeen ja toinen näyte vuorokauden kuluttua. Jos lymfosyyttien absoluuttinen määrä ei tänä aikana ole alentunut, pahoinvointi ei johdu säteilyaltistuksesta eikä säteily sairaus kehity.

10 Annosarvio ja hoidon suunnittelu vastaanottavassa sairaalassa

- Altistuneiden henkilöiden ensi vaiheen sairaalaseurannan tarkoitus on lähiajan hoidon tarpeen ennakointi ja suunnittelu. Ensimmäisen vuorokauden aikana tehdään karkea kliininen annosarviointi, joka perustuu alkuoireisiin, ihoreaktioon sekä verenkuvaan. Lisätietoa saadaan fysikaalisesta annosarviosta, joka tehdään tilanteen perusteella. Altistuneen henkilön sijainti, todetut tai arvioidut annosnopeudet sekä altistusaika ovat ratkaisevia.

Liitteessä B on lomake säteilylle altistuneen/kontaminoituneen potilaan tietojen dokumentointia varten. Tätä täydentävä NBC-tilanteiden yhteinen, altistuneen henkilön deko-saate (HUS) on myös liitteessä B. Potilaalta tiedustellaan, missä hän oli tapahtumahetkellä ja kuinka kauan hän viipyi siellä. Kysytään, minkälaisia oireita on ollut (pahoinvointi, oksennus, ripuli) ja mihin aikaan. Oireiden tarkka ajankohta kirjataan. Lämpö ja verenpaine mitataan kahden tunnin välein. Oksentelun ja ripulin esiintymistä seurataan tarkkaan, koska näiden ajankohta ja vakavuus ovat tärkeitä annosarvion kannalta. Alle 10 % oksentaa, jos annos on alle 1 Gy, kun taas useimmat oksentavat annoksen ollessa yli 2 Gy. Hetkellisen kokokehoaltistuksen jälkeen oksentamisen ajankohta korreloi melko hyvin säteilyannokseen (Taulukko 3), mutta tunteja jatkuneen altistuksen jälkeen tulkinta on vaikeampi. Äkillinen ripuli viittaa yli 9 Gy:n annokseen.

Ihon tai limakalvojen punotusta seurataan ja alueet piirretään anatomiseen kuvaan. Potilas, jolla on laajaa eryteemaa, tulee tarvitsemaan hoitoa palovammayksikössä. Eryteema-alueiden kuvaus auttaa arvioimaan altistuksen suuntaa ja homogeenisuutta. Suuontelon limakalvon punotus ennakoi myöhempää ongelmaa mukosiitin kanssa.

Väsymys, lihasheikkous, heijasteiden muutokset, päänsärky, vatsakouristukset ja sylkirauhasen arkuus voivat olla oireita korkeasta annoksesta. Tajunnan menetys tai muut keskushermoston oireet ilman fysikaalista vammaa, yhdistettyinä varhaiseen oksennukseen ja ripuliin, viittaavat yli 15 Gy:n annokseen, jolloin mahdollisuudet hengen pelastamiseen ovat huonot.

Laboratoriokokeista keskeisin on täydellinen verenkova ja sen seuranta. Lymfosyyttien absoluuttinen määrä alenee nopeasti säteilyaltistuksen seurauksena. Ensimmäinen näyte otetaan mahdollisimman pian altistuksen jälkeen

ja seuraavat näytteet 6 - 12 tunnin välein. Jos lymfosyyttien määrä ei alene vuorokaudessa yhtään, ei kokokehoannos ole ollut yli 0,5 Gy, eikä tällöin edellytä sairaalahoitoa. Mahdollinen pahoinvointi on silloin johtunut muista syistä. Toisaalta lymfosyyttien määrän romahtaminen kahdessa vuorokaudessa lähelle nolaa on merkki hengenvaarallisesta annoksesta (yli 6 - 8 Gy). Luuydin on todennäköisesti täysin tuhoutunut eikä potilas voi selviytyä ilman verikantasolujen siirtoa. Taulukossa 2 esitetään, miten eloonjäämistä voidaan ennustaa lymfosyyttien määrän perusteella. Kuva C-1 liitteessä C esittää kaavamaisesti, miten lymfosyyttien määrä kehittyi kahdessa päivässä kokokehoannoksen jälkeen. Taulukon arvot perustuvat tuoreempaan tietoon kuin kuva C-1. Varhainen neutrofiililuvun suurentuminen yhdessä pienentyvän lymfosyyttimäärän kanssa on merkki vakavasta altistuksesta.

Taulukko 2.

Säteily sairauden ennuste lymfosyyttien määrän perusteella äkillisen kokokehoaltistuksen jälkeen.

Lymfosyyttien määrä / μ l 48 h jälkeen	Säteily sairauden vakavuus	Eloonjäämisen ennuste
700 - 1000	Lievä	Varma
400 - 700	Kohtalainen	Todennäköinen
100 - 400	Vakava	Mahdollinen korkeatasoisen hoidon avulla
alle 100	Hyvin vakava	Kyseenalainen

Jos oksentelua ja ripulia esiintyy viimeistään 2 - 3 tunnin sisällä, määritetään myös veriryhmä ja HLA-tyyppi. Seerumin amylaasin lähtötaso määritetään, ja se toistetaan 24 tunnin kuluttua. Yli 0,5 Gy:n annos koko keholle tai sylkirauhaksille aiheuttaa amylaasin merkittävän nousun.

Taulukossa 3 esitetään jatkohoidon suunnittelu varhaisoireiden perusteella. Vaikean säteily sairauden hoito toteutetaan Meilahden sairaalassa kantasolujen siirtoyksikössä, jossa pystytään hoitamaan yhtä aikaa 5 - 10 vakavasti altistunutta, eristystä vaativaa potilasta. Jos altistuneiden määrä on suuri, voidaan lievemmat tapaukset sijoittaa muulle hematologiselle tai sisätautien osastolle.

Taulukko 3.

Säteily sairauden jatkohoidon suunnittelu varhaisoireiden perusteella hetkellisen kokokehoaltistuksen jälkeen

Oire	Säteilyannos	Päätös
Oksennus yli kahden tunnin jälkeen	Alle 2 Gy	Seuranta yleissairaalassa (tai avohoidossa 2 viikkoa → sairaalaan tarvittaessa)
Oksennus 1 - 2 tunnin jälkeen	2 - 4 Gy	Siirto hematologiselle osastolle
Oksennus tunnin sisällä ja/tai muita vakavia oireita	4 - 6 Gy	Siirto hyvin varustetulle hematologiselle osastolle kahden vuorokauden sisällä. Sytokiinihoito aloitettava varhain.
Oksennus puolen tunnin sisällä, kuumetta, päänsärkyä, ripulia	6 - 8 Gy	Pikainen siirto hematologiselle osastolle, jossa on mahdollisuus kantasolujen siirtoon ja eristykseen. Erikoishoitoa vaaditaan ensimmäisestä päivästä alkaen.
Oksennus 10 minuutin sisällä, ripuli ja kuume tunnin sisällä, kova päänsärky, tajunnan tason muutos, verenpaineen lasku	Yli 8 Gy	Jos resurssit ovat rajalliset, annetaan palliatiivista hoitoa. Muussa tapauksessa hoidetaan kuten edellistä ryhmää. Eloönjäämistä voidaan pidentää, mutta lopullinen ennuste on huono.

Monimutkainen tilanne syntyy, jos säteilyaltistukseen yhdistyy konventionaalisia vammoja. Säteilyaltistus vaikeuttaa toipumista muilta vammoilta ja huonontaa ennustetta, joten säteilyaltistuksen toteaminen ja vamman varhainen hoito on tärkeää. Annosarvio alkuoireiden ja verenkuvan perusteella on epävarma, koska vammalla voi olla oma vaikutuksensa niihin. Sen sijaan vamma ei vaikuta kromosomianalyysiin perustuvaan annosarvioon (luku 11). Hoidon suunnittelussa täytyy ottaa huomioon mahdollisesti kehittyvä vuototaipumus ja immunosuppressio. Siirto lopulliseen hoitopaikkaan on tehtävä varhain, ja tarpeelliset leikkaukset on suoritettava 2 - 3 vuorokauden sisällä, ennen kuin luuydinvaurio kehittyy. Ei-kiireellisiä leikkauksia on lykättävä, kunnes luuytimen toiminta on palautunut. Haavat revidoidaan ja suljetaan varhain infektion ehkäisemiseksi.

II Biologinen annosarvio

- Biologinen annosarvio perustuu kromosomianalyysiin, joka tehdään veren lymfosyyttiviljelmästä. Menetelmällä saadaan luotettava annosarvio ulkoisen altistuksen jälkeen kokokehoannoksen ollessa 0,2 - 5 Gy. Annoksen ollessa yli 6 Gy kromosomianalyysi ei yleensä onnistu solujen nopean tuhoutumisen takia. Äkillisessä tilanteessa näyte olisi otettava ennen lymfosyyttien määrän romahtamista, jotta analysoitavia soluja saadaan kasvamaan riittävästi. Näyte otetaan litiumhepariiniputkeen. Viljely ja analyysi tehdään Säteilyturvakeskuksessa, johon on otettava yhteys ennen näytteenottoa. Kiireellisessä tapauksessa voidaan suorittaa nopea analyysi pienellä solumäärällä, mikä riittää kliinisen ennusteen ja lähiviikkojen hoidon tarpeen arviointiin. Alustava vastaus saadaan tällöin kolmessa päivässä. Tarkemman annosarvion antamiseen menee neljä päivää. Jos äkillinen tarve on suuri, Suomen kapasiteetti riittää käsittelemään viikossa 30 näytettä, jonka jälkeen voidaan tarvittaessa turvautua eurooppalaiseen biodosimetriaverkostoon. Menetelmä, joka mahdollistaa annosmäärityksen yli 10 Gy:n annoksella, on lähiaikoina saatavilla. Tällä saattaa olla merkitystä potilaiden luokittelun kannalta, jos vakavasti altistuneita on paljon.

12 Säteilysairauden hoito

- Alkuvaiheessa säteilysairauden hoito on oireenmukaista. Ensivaiheen hoidolla ei voi vaikuttaa sairauden myöhempään kehitykseen. Pahoinvointilääkitykseksi sopii esim. 5-HT₃-reseptorin salpaaja, kuten ondansetroni. Ripulin hoidoksi sopii antikolinergi, esim. loperamidi. Neste- ja elektrolyyttitasapainosta huolehditaan normaaliin tapaan. Alkuvaiheen hoito voidaan toteuttaa yleissairaalassa. Päivittäinen veren kuvan seuranta on keskeinen, ja sen perusteella päätetään jatkohoidon tarpeesta ja tasosta yllä kuvattujen periaatteiden mukaan. Jos lymfosyyttien määrä romahtaa nopeasti, potilas on muutaman päivän sisällä siirrettävä hematologiselle osastolle.

Säteilysairauden kehittyessä hoito perustuu kliiniseen kuvaan eikä säteilyannokseen. Alkuvaiheessa tehtävä annosarvio kuitenkin auttaa ennakoimaan tulevia ongelmia. Suuren annoksen jälkeen on muutaman viikon sisällä odotettavissa vakava neutropenia ja trombosytopenia, joiden ajankohta, vakavuus ja kesto voidaan karkeasti ennustaa liitteessä C esitettyjen käyrien avulla. Säteilyannoksen arviointiin sen sijaan neutrofiilien ja trombosyyttien kehitys sopii huonosti.

Neutropeniavaihetta voidaan huomattavasti lyhentää granulosityttikasvutekijällä (G-CSF), joka stimuloi luuytimen neutrofiilejä tuottavia kantasoluja, jolloin vakavien infektioiden vaara vähenee. Jos lymfosyyttien määrä kahden vuorokauden sisällä säteilyaltistuksesta on alentunut alle 500/μl, neutropenia tulee olemaan vakava, ja G-CSF -hoito on aloitettava 24 - 72 tunnin kuluessa altistuksesta. Päivittäisiä injektioita jatketaan neutropeniavaiheen yli. Suomessa saatavilla ovat G-CSF -lääkkeet filgrastiimi (Neupogen®) ja lenograstiimi (Granocyte®). Suositeltu annostelu on 2,5 - 5,0 μg/kg/vrk (100 - 200 μg/m²/vrk), kunnes neutrofiilien määrä on yli 1000/μl.

Infektioita pyritään ehkäisemään mahdollisimman puhtaalla ympäristöllä, korkean tason hygienialla ja mikrobiköyhällä ravinnolla. Ravintoliuoksen antaminen suun kautta on suotavaa. Mukosiitin vuoksi hyvä suuhygienia on tärkeä. Suuonteloa huuhdellaan 3 % vetyperoksidilla. Ihon puhdistukseen käytetään antibakteerisia aineita, esim. klorheksidiiniä. Suoliston limakalvon suojaksi käytetään sukralfaattia tai protonipumpun salpaajia. Keratinosyyttikasvutekijä KGF (palifermiini, Kepivance®) on hyödyllinen vaikeiden suun tai suoliston limakalvovaurioiden ennaltaehkäisyssä. Antasideja vältetään. Ennalta tutkitut viljelynäytteet ihosta, ruumiinaukoista, virtsasta ja haavoista auttavat valitsemaan nopeasti sopivan antibiootin kuumeen noustessa.

Vaikean neutropenian aikana eristys on tarpeellinen. Annosalueella 2 - 4 Gy eristystä tarvitaan todennäköisimmin 10 - 20 päivää altistuksesta. Tätä ennen

voi olla edullisempaa olla kotona, jotta vältetään sairaalainfektioita. Korkean annoksen jälkeen eristystä tarvitaan kuitenkin jo varhaisvaiheessa.

Neutropeeninen kuume hoidetaan laajakirjoisilla antibiooteilla samojen periaatteiden mukaan kuin vastaavassa tilanteessa kemoterapian yhteydessä. Antibioottien valinta on empiirinen ja perustuu laitoksessa vallitsevaan mikrobikantaan ja resistenssiin. Lääkkeitä gramnegatiivisia bakteereja vastaan tarvitaan aina, mutta grampositiivisten osalta valinta on tilannekohtainen. Kombinaatiohoito on yleensä tehokkaampi kuin monoterapia ja yleisimmin käytössä on 3. polven kefalosporiinin ja aminoglysidin yhdistelmä. Hoitoa jatketaan, kunnes neutrofiilien määrä on yli 500/ μ l. Jos kuume jatkuu yli seitsemän päivää, hoitoon lisätään systeeminen antimykootti ja mahdollisesti vielä viruslääkitys (herpes simplex, sytomegalovirus). Hoidon valinta perustuu kliinisiin oireisiin ja mikrobiologisiin löydöksiin.

Trombositopeniaa ja vuototaipumusta on odotettavissa parin viikon kuluttua altistuksesta. Ajankohta, vaikeus ja kesto riippuvat säteilyannoksesta (vrt. liite C, kuvat C-2 ja C-4). Trombosyytteja annetaan, jos niiden määrä putoaa alle 20000/ μ l tai jos ilmenee verenvuotoja. Trombosyyttikasvutekijän käyttöä harkitaan vaikeissa luuydinvaurioissa. Punasoluja annetaan hemoglobiinin laskeudessa alle 80 - 100 g/l. Verituotteet on säteilytettävä ennen siirtoa, jotta mononukleaariset solut tuhoutuvat.

Jos luuydin on valtaosin tuhoutunut ja spontaani palautuminen on epätoiminnainen, ainoa mahdollinen keino hengen pelastamiseen on kantasolujen siirto luuytimestä, perifeerisestä verestä tai napanuoraverestä. Siirtoa varten olisi löydettävä HLA-yhteensopiva luovuttaja. Käytännössä annosalue, jossa tästä voi olla apua, jää hyvin kapeaksi (8 - 10 Gy), koska korkeammalla annoksella muiden elinten vauriot (suolisto, keuhkot) estävät pysyvän toipumisen. Jos epätasaisen altistuksen johdosta pienikin osa luuytimestä on säilynyt, verisoluntuotanto saattaa palautua kasvutekijähoidon tukemana. Kantasolujen siirto on tällöin tarpeeton, ja käänteishyljintäreaktion vuoksi siitä voi olla enemmän haittaa kuin hyötyä.

13 Kontaminoituneet potilaat sairaalassa

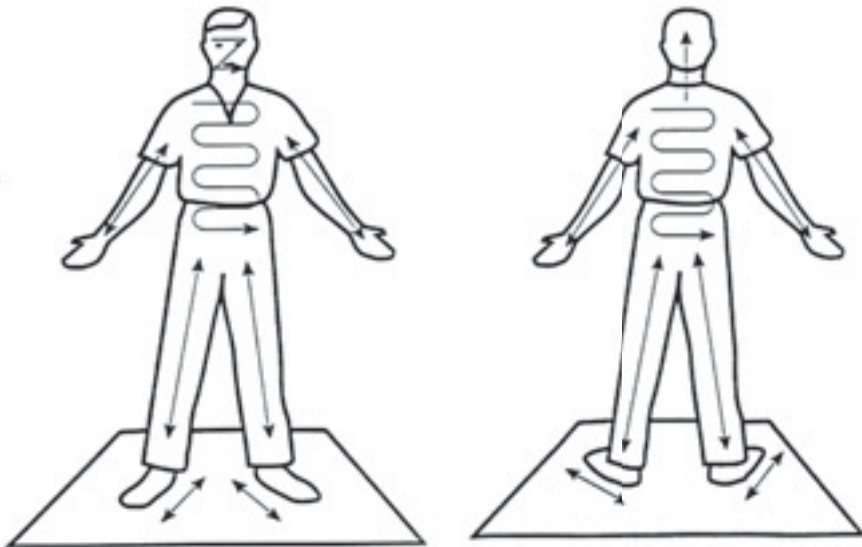
- Kun säteilytapaturman uhreja lähetetään sairaalaan, on sinne etukäteen ilmoitettava uhrien lukumäärä ja arvioitu saapumisaika sekä kunkin lääketieteellinen tila ja vamman laatu. Lisäksi ilmoitetaan, onko potilas kontaminoitunut vai pelkästään ulkoisesti altistunut, onko kontaminaatiomittaus suoritettu sekä mikä nuklidi on kyseessä, jos se on tiedossa. Kun sairaalaan tulee tieto, että sinne ollaan tuomassa potilaita, jotka ovat tai voivat olla kontaminoituneita, on potilaiden vastaanottamiseen varattava alue, joka eristetään muusta sairaalasta. Jos tilaan ei ole erillistä sisäänkäyntiä, suojataan ainakin kulkureitin lattia, otetaan käyttöön kenkäräjä ja estetään sivullisten pääsy alueelle. Alueella tarvitaan suihkutilat potilaille ja henkilökunnalle. Paikalle varataan säteilymittareita ja henkilökunnalle annosmittareita. Taustasäteily mitataan ennen kuin potilaat saapuvat. Pitämällä likainen ja puhdas alue erillään estetään radioaktiivisuuden leviämistä ja helpotetaan puhdistamista jälkeenpäin. Puutteellinen säteilyhygienia myös vaikeuttaa säteilyn monitorointia. Alueella työskentelevät käyttävät suojavaatetusta, joka riisutaan sieltä poistuessa. Poistuvat henkilöt ja tavarat mitataan ja puhdistetaan tarvittaessa.

Saapuneen potilaan kontaminaatio tarkastetaan pikaisesti ambulanssissa tai heti sen ulkopuolella. Vaatteet on parasta poistaa jo ambulanssissa. Vaatteet ja muut kontaminoituneet esineet suljetaan tiiviisiin muovisäkkeihin. Kontaminaatiota voi olla paitsi vaatteissa, myös hiuksissa, iholla ja haavoissa. Kontaminoitunut potilas puhdistetaan ennen hoitoa, jos hänen tilansa sen sallii. Jos hän on vakavasti loukkaantunut, hoidetaan tila stabiiliksi ennen puhdistusta. Kiireelliset hoitotoimet tehdään aina riippumatta kontaminaatiosta, mutta hoito pyritään toteuttamaan siten, että henkilökunta ja ympäristö eivät kontaminoidu. Vasta kun potilaan tila on vakaa ja kaikki vammat kartoitettu, suoritetaan täydellinen kontaminaatiomittaus ja puhdistus.

Mittaus tehdään mieluiten pintakontaminaatiomittarilla, jossa on beetaanturi. Jos tällaista ei ole saatavilla, mittauksen voi tehdä myös tavanomaisella geigermittarilla. Käytetään mittarin herkintä asteikkoa. Mittari viedään hitaasti (2 - 3 cm sekunnissa) vakioetäisyydellä (1 - 2 cm) ympäri kehoa kuvan 1 osoittamalla tavalla. Mittarilla ei pidä koskea mihinkään. Mittari on hyvä suojata esim. ohuella kumihanskalla, joka voidaan tarvittaessa vaihtaa, mutta alfasäteily jää tällöin toteamatta. Jos mittari peitetään, ylikuumenemista pitää varoa. Mittauksessa huomioidaan erityisesti haavat, ruumiin aukot, ihopoimut, karvaiset

alueet ja kädet. Mittaustulokset ja aika kirjataan anatomiseen piirustukseen. Alueet, joissa säteilytaso on yli kaksinkertainen taustaan verrattuna, merkitään piirustukseen kontaminoituneiksi ja ne pyritään puhdistamaan, kunnes tämä säteilytaso alittuu. Sisäisen altistuksen arviointia varten otetaan pyyhintänäyte sieraimista ja suuontelosta (vrt. luku 14). Näytteet suljetaan muovipusseihin ja mitataan samalla mittarilla, ja tulokset kirjataan.

Kuva 1. Henkilömonitorointi pintakontaminaatiomittarilla.



Puhdistus ehkäisee beetasäteilypalovamman muodostumista, vähentää sisäisen kontaminaation vaaraa ja estää kontaminaation leviämistä. Puhdistukseen käytetään ensisijaisesti lämmintä vettä ja saippuaa sekä esim. pehmeää pesusientä. Harjaa ei saa käyttää, koska lieväkin ihovaurio lisää sisäisen kontaminaation vaaraa. Puhdistuksessa on varottava saastuttamasta silmiä, nenää, suuta sekä haavoja. Jos aukot ovat saastuneet, ne puhdistetaan vedellä tai suolaliuoksella. Hampaat pestään hammastahnalla ja nielu huuhdellaan 3 % vetyperoksidilla. Ei-kontaminoituneet haavat peitetään vesitiiviisti muovilla ennen pesua. Saastuneet alueet pestään pyyhkimällä reunoista sisäänpäin (kuva 2), kuivataan samanlaisilla liikkeillä sekä mitataan. Pesu toistetaan tarvittaessa, kunnes tavoiteltu taso (2 - 3 kertaa tausta-arvo) alittuu tai kunnes lukema ei enää alene. Kontaminoituneet haavat huuhdellaan runsaalla vedellä tai suolaliuoksella. Kiinteät kappaleet haavassa voivat olla säteileviä. Ne on pikaisesti poistettava pihdeillä (ei käsin) ja laitettava lyijypurkkiin koskematta niihin.

Kuva 2. Dekontaminaatiossa käytetään sisäänpäin suuntautuvia liikkeitä, jotta ympäröivät ihoalueet eivät saastuisi.



Kävelevät potilaat, joilla ei ole avohaavoja, voivat itse peseytyä suihkussa. Hiukset pestään ensin. Vaatteiden poisto ja peseytyminen lämpimällä vedellä ja saippualla poistaa 95 % kontaminaatiosta. Pesuveden saa laskea viemäriin, koska muutakaan mahdollisuutta ei yleensä ole. Voimakkaasti laimennetusta radioaktiivisuudesta ei ole merkittävää ympäristöhaittaa. Kun potilas todetaan puhtaaksi, hänet viedään kenkärajan yli puhtaalle puolelle jatkohoitoa varten.

14 Sisäinen kontaminaatio

- Vakavan ulkoisen kontaminaation yhteydessä on huomioitava myös sisäisen kontaminaation mahdollisuus. Merkittävä sisäisen kontaminaation reitti on omat kädet. Ihminen voi tiedostamatta viedä sormillaan huomattavan määrän radioaktiivisuutta suuhunsa.

Tulipalo tai räjähdys, jossa on radioaktiivisuutta mukana, on voinut aiheuttaa altistusta hengitysteitse. Äkillisessä kontaminaatiotilanteessa sisäistä kontaminaatiota on syytä epäillä, jos molemmissa sieraimissa ja/tai suuontelossa on runsaasti aktiivisuutta.

Hiukkaset, joiden halkaisija on alle 5 - 10 μm , kulkeutuvat alveoleihin asti. Jos pyyhintänäyte molemmista sieraimista on saatu pian altistuksen jälkeen, voidaan karkeasti arvioida, että 5 % mitatusta aktiivisuudesta on päässyt keuhkoihin. Näytteet otetaan kostutetulla pumpulipuikolla kummastakin sieraimesta erikseen ja suljetaan esim. Minigrip-pusseihin sekä mitataan pintakontaminaatiomittarilla. Jos nenänäytteen aktiivisuus on yli 100 cpm*, keuhkojen altistus voi olla suuri. Jos vain toinen sierain on kontaminoitunut, alkuperä on todennäköisemmin omat kädet. Liukoinen aine imeytyy alveoleista verenkiertoon, kun taas liukenemattomasta aineesta keuhkojen annos nousee korkeammaksi.

Sisäinen kontaminaatio on todennäköinen, jos monitorointi osoittaa jatkuvaa kontaminaatiota ulkoisesta puhdistuksesta huolimatta. Hikoilu voi myös tuoda radioaktiivisuutta uudelleen iholle. Sisäisen kontaminaation arviointia varten kerätään vuorokauden virtsa- tai ulostenäytteet, joista Säteilyturvakeskuksessa voidaan analysoida alfa-, beeta- ja gamma-aktiivisia aineita. Gamma-aktiivisuus selvitetään kokokehomittauksella tai jodin osalta kilpirauhasmittauksella. Säteilyturvakeskus suorittaa kokokehomittaukset joko Helsingissä tai muualle siirrettävällä, autoon sijoitetulla monitorilla. Kilpirauhasmittauksia voidaan tehdä Säteilyturvakeskuksen lisäksi kaikissa yliopistosairaaloissa sekä useimmissa keskussairaaloissa.

Spesifisillä vasta-aineilla voidaan nopeuttaa joidenkin nuklidien poistumista kehosta ja näin vähentää säteilyannosta (liite D). Teho on kuitenkin rajallinen. Poikkeuksena on joditabletti, joka oikeaan aikaan otettuna tarjoaa kilpirauhaselle lähes täydellisen suojan radioaktiivista jodia vastaan. Rajallisen tehon sekä mahdollisten sivuvaikutusten vuoksi hoitoa ei kannata antaa, jollei annos ole merkittävä (esim. työntekijän vuosiansnosrajan 50 mSv ylittävä). Annosarviota varten tarvitaan mittaustulosten lisäksi tietoa altistusajasta ja -tavasta sekä aineen muodosta, hiukkaskoosta ja liukoisuudesta. Äkillisessä tilanteessa

* cpm = counts per minute, kontaminaatiomittarin lukema

voidaan kuitenkin antaa aloitusannos vasta-ainetta, jos sitä on saatavilla, vaikka säteilyannosarviota ei ole. Imeytymistä hidastavat aineet, joiden teho riippuu ratkaisevasti hoidon ajoituksesta, eivät yleensä aiheuta sivuvaikutuksia.

Kirjallisuutta

1. International Atomic Energy Agency: Generic procedures for medical response during a nuclear or radiological emergency. EPR-MEDICAL 2005. IAEA, Vienna 2005
2. Gusev IA, Guskova AK, Mettler F (toim): Second Edition: Medical Management of Radiation Accidents. CRC Press, 2001
3. Waselenko JK, MacVittie TJ, Blakely W et al. Medical Management of the Acute Radiation Syndrome: Recommendations of the Strategic National Stockpile Radiation Working Group. Ann Int Med 140:1037-1051, 2004
4. Radiation Event Medical Management. U.S. Department of Health & Human Services. <http://www.remm.nlm.gov/>
5. Guidance for Radiation Accident Management. Radiation Emergency Assistance Center/Training Site (REAC/TS). <http://orise.orau.gov/reacts/guide/index.htm>
6. VAL 1. Suojelutoimet säteilyvaaratilanteen varhaisvaiheessa (tulossa)
7. VAL 2. Suojelutoimet säteilyvaaratilanteen jälkivaiheessa (tulossa)

Ydinlaitostapahtumien kansainvälinen vakavuusluokitus INES (International Nuclear Event Scale)

INES-luokka	INES-luokan määrytymisperuste		
	Ympäristövaikutukset	Laitosalueen säteilytilanne	Turvallisuuden heikkeneminen
7 Erittäin vakava onnettomuus	Hyvin suuri radioaktiivisten aineiden päästö. Terveys- ja ympäristöhaittoja laajoilla alueilla		
6 Vakava onnettomuus	Merkittävä radioaktiivisten aineiden päästö. Suojelutoimenpiteiden käynnistäminen täydessä laajuudessa todennäköistä		
5 Ympäristölle vaaraa aiheuttava onnettomuus	Rajallinen radioaktiivisten aineiden päästö. Suojelutoimenpiteiden osittainen käynnistäminen todennäköistä	Ydinpolttoaineen tai säteilyn leviämistä rajoittavan esteen vakava vaurioituminen	
4 Laitosonnettomuus	Vähäinen radioaktiivisten aineiden päästö. Ympäristön eniten altistuneen asukkaan säteilyannos (ns. kriittisen ryhmän jäsenten keskimääräinen annos) muuttamia mSv	Ydinpolttoaineen tai säteilyn leviämistä rajoittavan esteen huomattava vaurioituminen tai todennäköisesti työntekijän kuolemaan johtava säteilyannos	
3 Vakava turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma	Pieni radioaktiivisten aineiden päästö. Ympäristön eniten altistuneen asukkaan säteilyannos 0,1–1 mSv	Radioaktiivisten aineiden suuri leviäminen laitoksella tai työntekijä saanut välittömiä terveyshaittoja aiheuttavan säteilyannoksen	Lähellä onnettomuutta oleva tilanne: turvallisuutta varmistavia tekijöitä ei ole jäljellä
2 Merkittävä turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma		Radioaktiivisten aineiden merkittävä leviäminen laitoksella tai työntekijä saanut annosrajan ylitävän säteilyannoksen	Merkittävä puute turvallisuuteen vaikuttavissa tekijöissä
1 Poikkeuksellinen turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma			Sallitusta poikkeava toiminta tai käyttötila
0 Poikkeuksellinen tapahtuma	Ei turvallisuusmerkitystä		

SÄTEILYLLE ALTISTUNEEN/KONTAMINOITUNEEN POTILAAN SEURANTALOMAKE

Nimi _____ Henkilötunnus _____

Osoite _____ Puh _____

Potilas on
 säteilytyöntekijä
 pelastustoimeen osallistuva
 sivullinen

Altistustilanne: _____ Päivämäärä _____ Kellonaika _____

Tapahtuma: _____

Altistus alkoi _____ Altistus päättyi _____ Altistuksen kesto _____

Potilaan sijainti ja asento: _____

Potilaan työn luonne: _____

Potilaalla oli annosmittari: kyllä ei Mittarin numero: _____
 Mittarin lukema: _____ Mittarin sijainti keholla: _____

Hengityssuoja: kyllä ei Suojavaatetus: kyllä ei

Vaatteet kontaminoituneet: kyllä ei ei tarkistettu

Lääketieteellinen tutkimus

Päivämäärä: _____

Ensimmäiset oireet: _____

Pahoinvointi: kyllä ei Alkoi Lukumäärä Kesto
Oksentelu: kyllä ei Alkoi Lukumäärä Kesto
Ripuli: kyllä ei Alkoi Tiheys
Heikotus: kyllä ei
Päänsärky: kyllä ei

Kliininen tilanne: _____

Haavoja: kyllä ei
Muita vammoja: kyllä ei
Palovammoja: kyllä ei

Lämpötila: _____ Verenpaine: _____ Pulssi: _____

Tajunnan taso: normaali epänormaali kiihtynyt
 delirium unelias tajuton

Tasapainohäiriö: kyllä ei
Koordinaatiohäiriö: kyllä ei

Iho ja limakalvot:

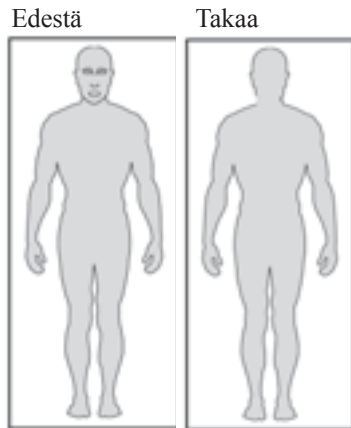
Turvotus kyllä ei
Eryteema: kyllä ei

Eryteeman sijainti ja ääri viivat

Haavojen sijainti

Kontaminaation sijainti, korkein lukema

Nuolet osoittavat kuvatun löydöksen sijainnin



Alline <input type="checkbox"/> Säteily (N) <input type="checkbox"/> Biologinen (B) <input type="checkbox"/> Kemiallinen (C)	Altistunut on <input type="checkbox"/> Mies <input type="checkbox"/> Nainen <input type="checkbox"/> Lapsi	Henkilö- kuntaa Ika
---	---	-------------------------------

Millo altistunut

Mistä altistunut

Altistamisen ajankohta

Pvm. _____ Klo. _____

DEKONTAMINOINTI KENTÄLLÄ

Pesu klo..... Pesu klo.....

Säteilymittaus / muu mittaus

Ennen dekontaminointia Klo _____	Dekontaminoinnin jälkeen Klo _____
Pää Kaula Hartiat Vartalo Jalat	Suurin mittausalue
Pää Kaula Hartiat Vartalo Jalat	Suurin mittausalue

Nimi ja henkilötunnus

NBC-altistunut alue		Muut vammat Pää Kaula Rintakehä Maha Lantio Jalka oikea Jalka vasen Käsi oikea Käsi vasen Selkä
EDESTÄ	TAKAA	

ALTISTUNEEN SEURANTA KENTÄLLÄ

Kello			
Syke			
Verenpaine			
hengitys			
Pupillit			

Saa siirtyä	Hoidosta kentällä vastanneet (Nimet tekstaten)	Arvoesineet kentällä <input type="checkbox"/> Otueta talteen <input type="checkbox"/> Mukana	Vaatteet kentällä <input type="checkbox"/> Otueta talteen <input type="checkbox"/> Mukana
-------------	--	---	--

DEKONTAMINOINTI SAIRAALASSA

Pesu klo Pesu klo

Säteilymittaus / muu mittaus

Ennen dekontaminointia Klo _____	Dekontaminoinnin jälkeen Klo _____
Pää Kaula Hartiat Vartalo Jalat	Suurin mittausalue
Pää Kaula Hartiat Vartalo Jalat	Suurin mittausalue

ALTISTUNEEN SEURANTA SAIRAALASSA

Kello			
Syke			
Verenpaine			
hengitys			
Pupillit			

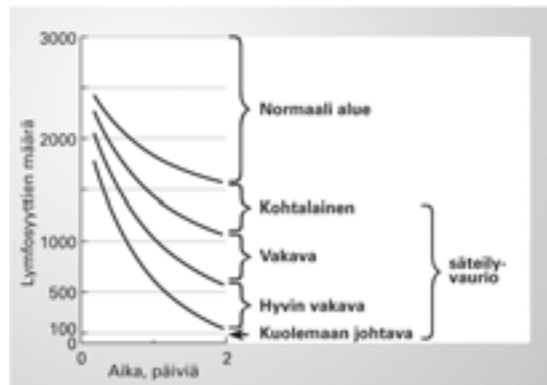
Saa siirtyä	Hoidosta sairaalassa vastanneet (Nimet tekstaten) Lääkäri _____ Sairaanhoidaja _____	Arvoesineet sairaalassa <input type="checkbox"/> Otueta talteen <input type="checkbox"/> Mukana	Vaatteet sairaalassa <input type="checkbox"/> Otueta talteen <input type="checkbox"/> Mukana
-------------	---	--	---

Jatkohoito-objekt	Tilidefinen verenkäruva otettava <input type="checkbox"/>	Mihin siirtynyt (Sairaala ja os./pkl mainittava)
-------------------	---	--

Deko-saate kulkee potilaan mukana koko ajan tapahtumapaikalta sairaalaan

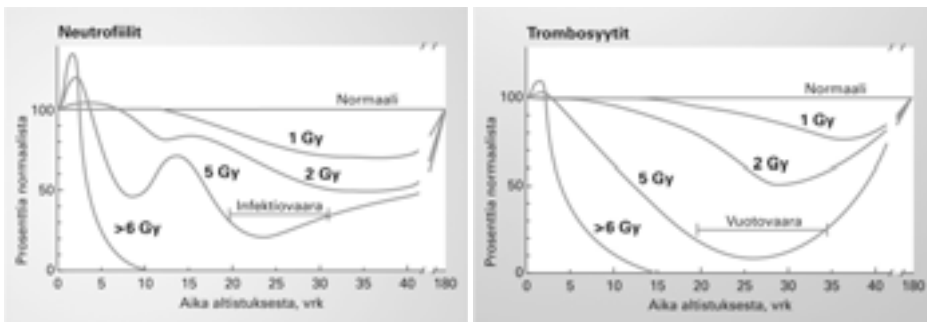
VERISOLUJEN MÄÄRÄN KEHITYS ÄKILLISEN SÄTEILYALTISTUKSEN JÄLKEEN

1) Aikaisemmin laajalti julkaistut, idealisoidut käyrät, joiden kokemusperä on rajallinen.*



Kuva C-1.

Lymfosyyttien määrän lasku kahdessa päivässä äkillisen kokokehoaltistuksen jälkeen. Numeroarvot eivät täysin vastaa nykykäsitystä (vrt. taulukko 2, luku 10).

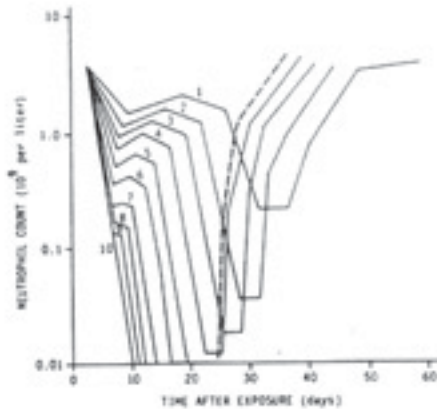


Kuva C-2.

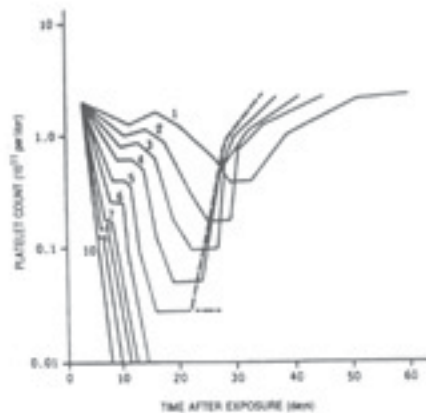
Verisolujen kehitys lähiviikkoina erisuuruisen, äkillisen kokokehoaltistuksen jälkeen. Käyrät eivät ole täysin yhtäpitäviä Tshernobylin uhrien hoidosta saadun kokemuksen kanssa.

* Andrew GA et al, kirjassa: Personnel Dosimetry for Radiation Accidents. IAEA, Vienna 1965
Wald N, kirjassa: Manual on Radiation Haematology. IAEA, Vienna 1971

2) Venäläisten lääkäreiden julkaisemat käyrät, jotka perustuvat laajaan kokemukseen Tshernobylin ja muiden onnettomuuksien uhreista. Käyrien annosasteikko on logaritminen. Verisolujen hävikki on näiden käyrien mukaan syvempi suhteessa säteilyannokseen kuin aikaisemmin julkaistuissa käyriissä.*



Kuva C-3. Neutropenian ajankohta ja vakavuus erisuuruisen säteilyannoksen jälkeen venäläisen kokemuksen mukaan. Käyrien numerot tarkoittavat säteilyannosta, yksikkönä Gy.



Kuva C-4. Trombosytopenian ajankohta ja vakavuus erisuuruisen säteilyannoksen jälkeen venäläisen kokemuksen mukaan. Käyrien numerot tarkoittavat säteilyannosta, yksikkönä Gy.

* Guskova AK, Barabanova AV, Baranov AY et al. Acute radiation effects in victims of the Chernobyl nuclear power plant accident. Appendix. Raportissa: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1988 Report to the General Assembly. United Nations, New York, 1988.

LISTA RADIOAKTIIVISISTA AINEISTA, JOIDEN POISTUMISTA ON MAHDOLLISTA NOPEUTTAA VASTA-AINEILLA

Aine	Vasta-aine	Annostus	Huomautus
Transuraanit (plutonium, americium, curium, californium) ja lantanidit (cerium, lantanium, yttrium)	Ca-DTPA Zn-DTPA	1 g/vrk i.v.	Kelatoiva aine. Aluksi Ca-DTPA on tehokkaampi. Jatkossa Zn-DTPA on yhtä tehokas ja vähemmän toksinen.
Jodi	Kaliumjodidi (Jodix®)	130 mg per os	Estää radiojodin kertymisen kilpirauhaseen. Otettava mahdollisimman pian. 12 tunnin jälkeen otettuna tehoton.
Cesium, tallium	Berliinisini	1 g x 3 /vrk per os	Vaikuttaa suolistossa katkaisemalla enterohepaattisen kierron
Rauta	Deferoksamiini (Desferal®)	1000 mg hitaana i.v. infuusiona (15 mg/kg/h)	
Radium	Bariumsulfaatti	300 g suun kautta	Vähentää imeytymistä
Radium Strontium	Natriumalginaatti (Gaviscon®)	10 g (200 ml) suun kautta	Vähentää imeytymistä
Radium Strontium	Kalsiumgluko-naatti	1 g hitaasti laskimoon tai kalkki-valmisteita suun kautta	Runsas kalkki kilpailee sitoutumisesta luuhun
Tritium (epäorgaaninen)	Nesteytys	3 - 4 l /vrk	Nesteytys toleranssiin asti vähentää tritiumin biologista puoliintumisaikaa jopa kolmasosaan normaalista
Polonium	DMPS (dimerkaptosulfonaatti, Dimaval®) tai DMSA (dimerkaptosuksinaatti)**		Kelatoiva aine. Edeltäjä BAL (dimerkaproli) on toksisempi. Käytössä arseeni- ja elohopeamyrkytyksissä.

SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN JULKAISUJA
ISSN 1236-2050

- 2008: 1 Urpo Kiiskinen, Tuulikki Vehko, Kristiina Matikainen, Sanna Natunen, Arpo Aromaa. Terveysten edistämisen mahdollisuudet. Vaikuttavuus ja kustannusvaikuttavuus.
ISBN 978-952-00-2503-8 (nid.)
ISBN 978-952-00-2504-5 (PDF)
- 2 Utarbetande av en datasäkerhetsplan. Handbok för verksamhetsenheter inom social- och hälsovården. (Endast på webben)
ISBN 978-952-00-2507-6 (PDF)
- 3 Ikäihmisten palvelujen laatusuositus.
ISBN 978-952-00-2525-0 (nid.)
ISBN 978-952-00-2526-7 (PDF)
- 4 Kvalitetsrekommendation om tjänster för äldre.
ISBN 978-952-00-2527-4 (inh.)
ISBN 978-952-00-2528-1 (PDF)
- 5 National framework for high quality care and services for older people.
ISBN 978-952-00-2529-8 (pb)
ISBN 978-952-00-2530-4 (PDF)
- 6 Sosiaali- ja terveydenhuollon kansallinen kehittämissuositus
KASTE-ohjelma 2008–2011.
ISBN 978-952-00-2533-5 (nid.)
ISBN 978-952-00-2534-2 (PDF)
- 7 Näyttöpäätetyö. Valtioneuvoston päätöksen 1405/1993 soveltaminen ja vaikutukset työpaikoilla.
ISBN 978-952-00-2550-2 (nid.)
ISBN 978-952-00-2551-9 (PDF)
- 8 Nationella utvecklingsprogrammet för social- och hälsovården
KASTE-programmet 2008-2011.
ISBN 978-952-00-2556-4 (inh.)
ISBN 978-952-00-2557-1 (PDF)
- 9 Lähisuhte- ja perheväkivallan ehkäisyn suositukset. Tunnista, turvaa ja toimi. Sosiaali- ja terveystoimelle paikallisen ja alueellisen toiminnan ohjaamiseen ja johtamiseen.
ISBN 978-952-00-2586-1 (nid.)
ISBN 978-952-00-2587-8 (PDF)
- 10 Rekommendationer för förebyggande av våld i närrelationer och inom familjen. Identifiera, skydda och handla. Hur styra och leda det lokala och regionala arbetet inom social- och hälsovården.
ISBN 978-952-00-2588-5 (inh.)
ISBN 978-952-00-2589-2 (PDF)

- 11 Rekommendationen för uppgiftsstrukturer för den yrkesutbildade personalen inom socialvården.
ISBN 978-952-00-2600-4 (inh.)
ISBN 978-952-00-2601-1 (PDF)
- 12 Sosiaalitoimen valmiussuunnitteluopas. (Vain verkossa)
ISBN 978-952-00-2603-5 (PDF)
- 13 Handbok för beredskapsplanering inom socialväsendet.
(Endast på webben)
ISBN 978-952-00-2604-2 (PDF)
- 14 Säteilyonnettomuudet. Säteilylle altistuneiden tutkimus ja hoito.
ISBN 978-952-00-2630-1 (nid.)
ISBN 978-952-00-2605-9 (PDF)

Tämä opas käsittelee tilanteita, jossa ihmisiä on altistunut tapaturmaisesti ionisoivalle säteilylle. Se on tarkoitettu ensisijaisesti lääkäreille ja muille terveydenhuollon ammattilaisille sekä ensihoitopalvelun henkilöstölle, jotka voivat joutua toimimaan tapahtumapaikalla tai vastaanottavassa hoitopisteessä. Se sisältää perustietoa säteilyvaurioista ja kontaminaatiosta, ja lisäksi annetaan suuntaviivat ensivaiheen hoitoa ja jatkohoidon suunnittelua varten.

Internet: www.stm.fi/julkaisut

■ SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖ



Tätä julkaisua myy ja välittää:

Yliopistopainon kirjamyynti
PL 4 (Vuorikatu 3 A)
00014 HELSINGIN YLIOPISTO
Puhelin (09) 7010 2363
Fax (09) 7010 2374
books@yliopistopaino.fi
www.yliopistopaino.fi/kirjamyynti

ISSN 1236-2050
ISBN 978-952-00-2630-1

