

Akuutti säteilyvaurio

Myrkytysten hoito

16.9.2019

Eeva Salminen

- Säteilyonnettomuus voi olla seurausta vahingosta, onnettomuudesta tai tahallisesta teosta. Ihminen ei aisti säteilyä.
- Säteilyn vaikutus voi olla ulkoinen, jolloin syvyysvaikutus riippuu säteilyn laadusta, tai sisäinen, mikäli aine on hengitetty, nautittu suun kautta tai joutunut elimistöön ihon läpi tai haavojen kautta.
- Tulee selvittää, onko potilas vain altistunut säteilylle ilman ulkoista tai sisäistä kontaminaatiota (ei enää säteile).
 - Jos potilas on myös kontaminoitunut säteilevällä materiaalilla, tehdään dekontaminaatio (riisuminen ja pesu) mahdollisimman pian henkeä pelastavien toimenpiteiden jälkeen.
 - Sisäisessä kontaminaatiossa pyritään nopeuttamaan säteilevän aineen eliminaatiota, mikäli mahdollista.
- Säteilyaltistumisen suuruus on tärkeä triageluokitukselle ja hoidon valinnalle (ks. taulukko [«Säteilynsairauden hoitopaikka ja hoito varhaisoireiden perusteella hetkellisen kokokehoaltistuksen jälkeen. Lähde: Säteilylle altistuneiden tutkimus ja hoito STM julkaisuja 2008:14.»1](#)).
- Säteilyturvakeskusta (STUK, virka-aikaan puh 09 75988, muulloin hätäkeskuksen kautta yhteys päivystäjään, myös etunimi.sukunimi@stuk.fi, www.stuk.fi > yhteystiedot) ja Myrkytystietokeskusta, puh. 24/7 09-471 977, 0800 147 111, tulee konsultoida epäiltäessä säteilyaltistusta.

Ohjeet henkilökunnan suojautumisesta säteilyonnettomuudessa

- Kontaminoitujen potilaiden alue on eristettävä muusta sairaalasta, jotta estetään radioaktiivisuuden leviämistä ja helpotetaan puhdistusta jälkepäin.
 - Alueella tarvitaan suihkutilat potilaille ja henkilökunnalle.
 - Paikalle varataan säteilymittareita ja henkilökunnalle annosmittareita.
 - Mittausten tarkkuuden parantamiseksi taustasäteily mitataan ennen kuin potilaat saapuvat (jos mahdollista).
- Henkilökunnan tulee suojata itseään käyttäen suojavaatetusta ja kaksinkertaisia käsineitä ja säteilymittaria.
 - Suojavaatteet on riisuttava poistuttaessa ja kontaminoiduille suojarusteille ja jätteille on varattava riittävä määrä jäteastioita.
- Poistuvat henkilöt ja tavarat mitataan ja puhdistetaan tarvittaessa.
- Ulkoiset mittaukset tehdään tavanomaisella säteilyn yleismittarilla tai pintakontaminaatiomittarilla.
 - Mittari suojataan muovipussilla, joka voidaan tarvittaessa vaihtaa.
- Epäiltäessä sisäistä altistusta kerätään virtsanäyte.

Oireet ja löydökset

- Oireet riippuvat säteilyaltistuksen suuruuden lisäksi altistuksen kohdentumisesta. (ks. taulukko [«Säteilyn vaikutukset ja oireet suhteessa altistukseen. Yksikköä Sv käytetään samaistamaan annostaso eri säteilylajeissa: 1 Sv = 1 Gy gammasäteilyä. Ekvivalentti annos Sv = absorboitunut annos × säteily»2](#)).
- Altistusta ja ennustetta voidaan arvioida ensimmäisten vuorokausien aikana ilmaantuvien oireiden perusteella, ks. taulukot [«Säteilyaltistuneen potilaan arviointitaulukko epäiltäessä säteilynsairautta kokokehoannoksesta. Oireiden laatu, vaikeusaste ja ajallinen esiintyminen kertovat säteilyaltistuksen määrästä. Lähde: Europe»3](#) ja [«Varhaisvaiheen ihomuutosten luokitus paikallisessa sädeauriossa. Lähde: European Group for Blood and Marrow Transplantation \(EBMT\) 2007.»4](#).

- Esiintymisen ja ajallisuuden dokumentointi on tärkeää.

Tutkimukset

- Täydellinen verenkuva mahdollisimman varhain ja seuraavat 6–12 tunnin välein (lymfosyyttimuutokset)
- Kokoverinäyte otetaan talteen biodosimetriaa tai kromosomianalyysiä varten.
- Veriryhmä ja HLA-tyyppi määritetään, jos oksentelua tai ripulia esiintyy viimeistään 2–3 tunnin sisällä altistuksesta.
- Tarvittavista säteilymittauksista ja määrityksistä konsultoi STUK.

Virtsanäyte

- Aamuvirtsanäyte ensimmäisestä yön jälkeisestä virtsasta muovipulloon/kuivaan puhtaaseen purkkiin riittää, jos halutaan vain tietää, onko virtsassa aktiivisuutta.
- Annoslaskelmien tekemiseen tarvitaan vuorokausivirtsa.
- Näytepullon päällä tulee ilmetä keräysjakso henkilötietojen ja päivämäärän ohella.
- Jos saman henkilön virtsapitoisuuksia halutaan seurata pidemmän aikaa, kerätään kerran vuorokausivirtsa ja määritetään tästä kreatiniini. Tämän jälkeen voidaan aamuvirtsasta arvioida kuinka suurta osaa vuorokausivirtsasta se edustaa.

Erotusdiagnoosiikka

- Gastroenteriitti
- Psykogeeninen oireilu

Hoito

- Ensisijainen suojautumismuoto on altistuksen välttäminen.
- Alkuvaiheen hoito on oireenmukainen.
- Kun säteilytapahtuma, sen laatu ja annos on määritetty, suunnataan hoitotoimet altistuksen mukaan.

Dekontaminaatio

- Potilaan ja henkilökunnan säteilyaltistuksen vähentäminen
- Bronkoalveolaarihuuhtelua harkitaan, jos on hengitystiealtistus alfasäteilijällä.
- Vatsahuuhtelua harkitaan maha-suolikanavan altistuksessa.

Vasta-aineet

- Vasta-aineilla voidaan estää radioaktiivisen aineen kertymää tai nopeuttaa joidenkin radioaktiivisten aineiden poistumista elimistöstä.
- Vasta-aineella voi olla tehoa, jos säteilyn aiheuttava isotooppi tunnistetaan riittävän aikaisin, ks. taulukko [« Eri tilanteissa esiintyviä isotooppeja säteilevän materiaalin alkuperän mukaan. Lähde: NCRP report 161, 2010 Clinical Decision Guide.»](#)5.
 - Käyttöön voi liittyä haittavaikutuksia ja yliherkkyysoireita, joten potilaita seurataan valvontaolosuhteissa.
 - Vasta-ainehoidon pituus arvioidaan tapauskohtaisesti.
- Taulukossa [«Radioaktiivisia aineita, joiden poistumista on mahdollista nopeuttaa vasta-aineilla. Lähde: STM julkaisu Säteilyonnettomuudet 2008;14.»](#)6 on luettelo radioaktiivisista aineista, joiden poistumista on mahdollista nopeuttaa vasta-aineilla.
 - WHO:n REMPAN Radiation Emergency Medical Preparedness And Assistance Network) asiantuntijoita voidaan konsultoida tarvittaessa (www.who.int/ionizing_radiation/a_e/rempan/en).

- Amifostiini korjaa DNA-vaurioita, ja sitä voidaan harkita suojalääkityksenä kontaminaatioalueelle joutuville.

Kaliumjodidi

- Ydinvoimalaonnettomuuden alkuvaiheessa lyhyen (8 vrk) puoliintumisajan I¹³¹ radiojodivaikutusta vastaan voidaan suojautua kaliumjodidilla (WHO:n päivitetty suositus 2017).
- Suojaa erityisesti lapset, nuoret aikuiset ja raskaana olevat radiojodin aiheuttamalta kilpirauhassyövältä.
- Kaliumjodidi tulee ottaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, ennalta ehkäisevästi ennen kuin laskeumapilvi on päällä, ihanteellisesti noin 4 tuntia aikaisemmin, jos tiedossa tuleva ¹³¹I altistus esimerkiksi ydinvoimalaonnettomuudesta. 12 tunnin jälkeen otettuna altistumisesta se on tehoton.

Paikallisen säteilyvamman hoito

- Kuten palovammassa (ks. Tehohoito-opas «Palovammapotilaan alkuhoito»)
 - Palovammakeskus: Jorvin sairaala, U2-Palovammakeskus ja tehohoito
- Annosmäärityksen jälkeen nekroosialueen kirurginen poisto
- Kantasolujen paikallinen käyttö on mahdollista kudosaivuriioalueen minimoimiseksi ja korjaantumisen edistämiseksi.
 - STUK:in valmiuskeskuksen kautta voidaan konsultoida paikallisia kantasoluhoitoja kehittänyttä keskusta.

Säteily sairauden hoito

- Kasvutekijöiden ja soveltuvien verivalmisteiden käyttö
- Kantasolusiirtoharkinta
- Infektiorjunta ja -hoito
- STUK:n valmiuskeskuksen kautta konsultoidaan näihin hoitoihin perehtyneitä laitoksia.

Taulukko 1. Säteily sairauden hoitopaikka ja hoito varhaisoireiden perusteella hetkellisen kokokehoaltistuksen jälkeen.

Lähde: Säteilylle altistuneiden tutkimus ja hoito STM julkaisuja 2008:14.

Oireet	Säteilyannos	Hoitopaikka ja hoito
Oksennus yli kahden tunnin jälkeen	Alle 2 Gy	Seuranta yleissairaalassa tai 2 viikkoa avohoidossa, siirto sairaalan tarvittaessa
Oksennus 1–2 tunnin jälkeen	2–4 Gy	Seuranta hematologisella osastolla
Oksennus tunnin sisällä tai muita vakavia oireita	4–6 Gy	Seuranta hyvin varustetulla hematologisella osastolla; sytokiinihoito on aloitettava varhain, alle 2 vrk sisällä.
Oksennus puolen tunnin sisällä, kuumetta, päänsärkyä, ripulia	6–8 Gy	Hematologinen osasto, jossa on mahdollisuus kantasolujen siirtoon ja eristykseen. Erikoishoito on tarpeen ensimmäisestä päivästä alkaen.
Oksennus 10 minuutin sisällä, ripuli ja kuume tunnin sisällä, kova päänsärky, tajunnan tason muutos, verenpaineen lasku	Yli 8 Gy	Palliatiivinen hoito; elossaoloaika voidaan maksimaalisella hoidolla pidentää jonkin verran, mutta ennuste on huono.

Taulukko 2. Säteilyn vaikutukset ja oireet suhteessa altistukseen. Yksikköä Sv käytetään samaistamaan annostaso eri säteilylajeissa: 1 Sv = 1 Gy gamma-säteilyä. Ekvivalentti annos Sv = absorboitunut annos × säteilyn painotuskerroin.

	Annos	Vaikutus ja oireet
Kokokehoaltistus	0,005 (5)	Oireeton, havaitsematon

	mSv)	
	0,1	
	(100 mSv)	Oireeton, mahdollisesti havaittavissa kromosomianalyysillä
	0,5	
	(500 mSv)	Oireeton, pahoinvointia ja oksentelua alle 10 %:lla altistuneista, ohimenevä lymfosyytti- ja verihiutaletason lasku
	1 Sv	15 %:lla pahoinvointia ja oksentelua 2 tunnin sisällä altistuksesta
	2 Sv	Valtaosalla altistuneista pahoinvointia ja oksentelua, anoreksiaa, iho-oireita (kutina, punoitus), hiusten lähtöä
	4 Sv	Pahoinvointi, oksentelu, ripuli 48 tunnin sisällä, ihovaurio (palovamman kaltainen), karvoituksen lähtö, vakava luuydinvaurio (hematopoieettinen oireilu), hoitamattomana kuolleisuus 50 %
	6 Sv	Vakava hematopoieettinen oireilu, 100 % kuolleisuus 30 vrk:ssa ilman hoitoa, hoidetuilla kuolleisuus 50 %
	Yli 7 Sv	Ruuansulatuskanavan tuhoutuminen, vakava luuydinvaurio, kuolema 2–3 viikossa
	Yli 20 Sv	Keskushermosto-oireet, välitön raju oksentelu ja ripulointi, päänsärky ja tajunnan häiriö, kouristuksia, sokki ja kuolema 24–72 tunnissa
Paikallinen altistus	Yli 3 Gy	Punoitus, karvoituksen lähtö
	Yli 15 Gy	Rakkuloita, haavaumia
Sikiövaurio (kriittisin aika raskauden 1. kolmannes)	Yli 100 mGy	Lievästi alentunut älykkyys, pienipäisyys
	Yli 0,5 Gy	Vakava jälkeenjääneisyys
	Yli 1 Gy	Muu kehitysvamma

Taulukko 3. Säteilyaltistuneen potilaan arviointitaulukko epäiltäessä säteily sairautta kokokehoannoksesta. Oireiden laatu, vaikeusaste ja ajallinen esiintyminen kertovat säteilyaltistuksen määrästä. Lähde: European Group for Blood and Marrow Transplantation (EBMT) 2007.

Havainto	Taso 1	Taso 2	Taso 3
Viive	Alle 12 tuntia	Alle 5 tuntia	Alle 30 minuuttia
Punoitus/eryteema	0	+/-	+++ alle 3 tuntia
Astenia	+	++	+++
Pahoinvointi	+	++	(-)
Oksennuksia päivässä	1	1–10	Yli 10, jatkuva
Ripuli- ja ulostekerrat (/vrk)	2–3 kiinteä	2–9 pehmeä	Yli 10, vetinen
Vatsakipu	Vähäinen	Kova	Tuskallinen tai sietämätön
Päänsärky	0	++	Tuskallinen, kohonnut kallonsisäinen verenpaine
Ruumiinlämpö	Alle 38 °C	38–40 °C	Yli 40 °C
Verenpaine	Normaali	Väliaikainen lasku	Systolinen alle 80 mmHg
Tajunnantaso	Normaali	Normaali	Lasku, jopa kooma
Lymfosyytit 24 t	Yli 1 500/μl	Alle 1 500/μl	Alle 500/μl
Lymfosyytit 48 t	Yli 1 500/μl	Alle 1 500/μl	Alle 100/μl

Taulukko 4. Varhaisvaiheen ihomuutosten luokitus paikallisessa sädevauriossa. Lähde: European Group for Blood and Marrow Transplantation (EBMT) 2007.

Oire tai löydös	Aste 1	Aste 2	Aste 3	Aste 4
Punoitus, eryteema	Vähäinen tai ohimenevä	Läiskiä, alle 10 cm ²	Selviä alueita, 10–40 % ihon pinta-alasta	Vaikea, yli 40 % ihon pinta-alasta, erythroderma
Tuntemus, kutina	Kutina	Vähäinen/ohimenevä kipu	Vaikeampi/jatkuva kipu	Vaikea, jatkuva kipu
Turvotus	Oireeton	Oireinen, pinkeä	Haittaa jonkin verran	Toimintarajoite
Rakkulat	Vähän, kudosneste	Vähän, veriset	Huomattavat, kudosneste	Huomattavat, veriset
Deskvamaatio	Ei	Paikottainen, kuiva	Paikoittain, kostea	Yhtenevä, kostea
Haava, nekroosi	Epidermis	Dermis	Ihonalainen	Lihaskalvo tai luu vaurioitunut
Karvoitusmuutos	Ohut, vähäinen	Tuppoinen, näkyvä	Täydellinen, ei pysyvä	Täydellinen ja pysyvä
Kynnen irtoaminen	Ei	Osittain	Ei määritetty	Täydellinen

Taulukko 5. Eri tilanteissa esiintyviä isotooppeja säteilevän materiaalin alkuperän mukaan. Lähde: NCRP report 161, 2010 Clinical Decision Guide.

Säteilevän materiaalin alkuperä	Tavallisimmat isotoopit
Ydinvoimalaonnettomuus, ydinaseräjätys	¹³¹ I, ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr, uraani ja plutonium <ul style="list-style-type: none"> ■ Säteily on sekä alfa-, beeta- että korkeaan energian elektromagneettista säteilyä. ■ Onnettomuuden ja laskeuman eri vaiheissa tulee erilaisia isotooppeja.
Sotilaskäyttö, ydinvoimalat	Tritium (³ H), ²³⁵ U, ²³⁹ Pu ja ²⁴¹ Am
Tutkimus- ja sairaalaympäristö	¹⁴ C, ³² Ph, ⁶⁰ Co, ¹²⁵ I, ¹³¹ I, ²⁵² Cf
Teollisuus	¹⁹² Ir, ¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co
Rikollinen käyttö	⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs ja ⁹⁰ Sr arvioidaan todennäköisimmiksi, koska muut ovat joko vahvasti vartioituja tai lyhytaikaisesti säteileviä ja pienillä määrillä käytettäviä.

Taulukko 6. Radioaktiivisia aineita, joiden poistumista on mahdollista nopeuttaa vasta-aineilla. Lähde: STM julkaisu Säteilyonnettomuudet 2008;14.

Aine	Vasta-aine	Annostus, huomautukset
Transuraanit (plutonium, amerikum, curium, kalifornium) ja lantanidit (cerium, lantanium, yttrium)	Ca-DTPA, Zn-DTPA	Annostus Ks. «Kalsiumtrinitriumpentetaatti (Ca-DTPA) (säteilyantidootti)» ja «Sinkkitriinitriumpentetaatti (Zn-DTPA) (säteilyantidootti)» Huomautus Kelatoiva aine; aluksi Ca-DTPA on tehokkaampi; jatkossa Zn-DTPA on yhtä tehokas ja vähemmän toksinen.
Jodi	Kaliumjodidi (Jodix)	Annostus 130 mg p.o. (ks. «Kaliumjodidi (säteilyantidootti)») Huomautus Estää radiojodin kertymistä kilpirauhaseen. Otettava mahdollisimman

			pian. 12 tunnin jälkeen otettuna tehoton.
Cesium, tallium	Preussinsini	Annostus	1 g × 3/vrk p.o.
		Huomautus	Vaikuttaa suolistossa katkaisemalla enterehepatiittisen kierron.
Rauta	Desferrioksamiini (Desferal)	Annostus	1 000 mg hitaana i.v. infuusiona (15 mg/kg/t)
Radium	Bariumsulfaatti	Annostus	300 mg p.o.
		Huomautus	Vähentää imeytymistä.
Radium, strontium	Natriumalginaatti (Gaviscon)	Annostus	10 g (200 ml) suun kautta
		Huomautus	Vähentää imeytymistä.
		Annostus	3–4 l/vrk
Tritium (epäorgaaninen)	Nesteytys	Huomautus	Nesteytys toleranssiin asti vähentään tritiumin biologista puoliintumisaikaa jopa kolmasosaan normaalista.
	DMPS		
	(dimerkaptosulfonaatti, Dimaval, Galieve) tai		
	DMSA (suksimeeri)	Huomautus	Kelatoiva aine; edeltäjä BAL (dimerkaproli) on toksisempi; käytössä arseeni- ja elohopeamyrkytyksissä.

Lähteet

1. Iodine thyroid blocking: guidelines for use in planning for and responding to radiological and nuclear emergencies. Geneva 2017. World Health Organization.
2. Li, G., Ansari A., Etherington, G. ym. Managing internal radiation contamination following an emergency: identification of gaps and priorities. *Radiat Prot Dosimetry* 2016;171:78–84.
3. Radiation Emergency Medical Management. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.remm.nlm.gov>
4. Rojas-Palma C., Lindland A., Jerstad A., ym. (toim). TMT handbook. Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act. 2009 Norway. R LoboMEdia AS.
5. Säteilyonnettomuudet. Säteilyle altistuneiden tutkimus ja hoito. Helsinki 2008. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja.
6. Yamamoto, LG. Risks and management of radiation exposure. *Pediatr Emerg care* 2013;29:1016–26.

Artikkelin tunnus: myh00053 (036.080)

© 2019 Kustannus Oy Duodecim