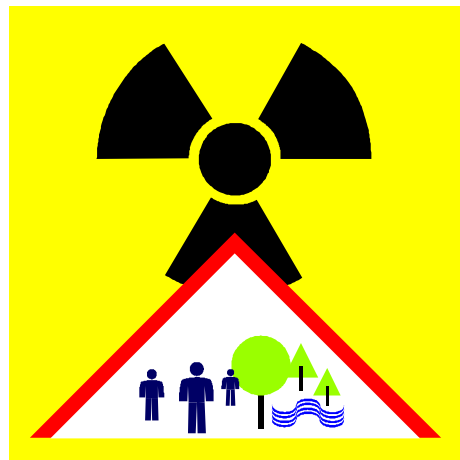


## Säteilysoojelu 97



**Säteilysoojelu jodi 131 -hoidon  
jälkeen (avohoitopotilaista ja  
sairaalasta päässeistä potilaista  
aiheutuva altistus)**



**Euroopan komissio**

Euroopan komissio

# **Säteilysuojelu 97**

**SÄTEILYSUOJELU JODI 131 -HOIDON JÄLKEEN**

**(Avohoitopotilaista ja sairaalasta päässeistä potilaista aiheutuva altistus)**

1999

Ympäristöstä, ydinturvallisuudesta  
ja väestönsuojelusta vastaava pääosasto

# Sisällysluettelo

sivu

<i>ESIPUHE</i> .....	<i>IV</i>
1. JOHDANTO.....	5
2. JODI 131 -HOIDON VAIKUTUKSET .....	7
2.1. Jodi 131 -hoito.....	7
2.2. Annokset muille ihmisille .....	8
3. ANNOSRAJOITUKSET .....	9
3.1. Jodi 131 -hoidon annosrajoitukset.....	9
4. AVOHOITOPOTILAIDEN HOITO JA SAIRAALAHOIDOSSA OLLEIDEN POTILAIDEN KOTIUTTAMINEN SAIRAALASTA .....	11
4.1. Raskaus.....	11
4.2. Annosmittaukset.....	11
4.3. Ohjeet .....	11
4.4. Potilaan tila.....	12
4.5. Kotiolot.....	12
4.6. Erityistilanteet.....	12
4.7. Potilaan kuolema .....	12
5. OHJEITA AVOHOITOPOTILAITA JA SAIRAALASTA KOTIUTETTAVIA POTILAITA NEUVOVILLE LÄÄKÄREILLE.....	13
I. ESIMERKKEJÄ KIRJALLISISTA OHJEISTA, JOITA ON ANNETTAVA POTILAILLE TAI HEIDÄN LAILLISILLE HOLHOOJILLEEN ENNEN SAIRAALASTA LÄHTÖÄ JODI 131 -HOIDON JÄLKEEN.....	17
II. TAUSTATIETOA JODI 131 -HOIDOSTA .....	20
III. JODI 131 -HOITOON LIITTYVÄ ANNOSMITTAUS .....	27
IV. KILPIRAUHASSEN LIIKATOIMINTAAN HOITOA SAANEIDEN POTILAIDEN LÄHELLÄ OLEVIENTEN IHMISTEN LASKETUT JA MITATUT ANNOKSET .....	29

## Esipuhe

Euroopan komission toimintaa säteilysuojelun alalla ohjaavat Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimus ja sitä täytäntöönpanevat neuvoston direktiivit.

Näistä merkittävin on altistuvien työntekijöiden ja väestön suojelemista koskevista perusnormeista annettu direktiivi (80/836/Euratom), jota on tarkistettu vuonna 1996 (96/29/Euratom).

Ministerineuvosto antoi vuonna 1984 perusnormidirektiiviä täydentävän direktiivin lääketieteellisessä tutkimuksessa ja hoidossa olevien henkilöiden säteilysuojelusta (84/466/Euratom). Direktiiviä tarkistettiin vuonna 1997, ja sitä kutsutaan nyt lääketieteellistä säteilyaltistusta koskevaksi direktiiviksi (97/43/Euratom). Direktiivi on saatettava osaksi kansallista lainsäädäntöä 13. toukokuuta 2000 mennessä.

Perusnormidirektiivin 6 artiklan 4 kohdan a ja b alakohdan mukaan annosrajoja ei sovelleta tutkittavalle tai hoidettavalle henkilölle suoritetuista lääketieteellisistä toimenpiteistä aiheutuvaan säteilyaltistukseen eikä lääketieteellisissä toimenpiteissä tutkittavaa tai hoidettavaa henkilöä tietoisesti ja vapaaehtoisesti sekä muuten kuin ammatinsa puitteissa auttavien henkilöiden säteilyaltistukseen.

Viimeksi mainittujen altistusten oikeutus ja optimointi on siten vielä tärkeämpää kuin muun altistuksen ollessa kyseessä.

Optimointia silmällä pitäen tälle ryhmälle olisi asetettava annosrajoitukset (7 artiklan 2 kohta).

Tällä kirjasella on tarkoitus antaa ohjeita annosrajoitusten arvioinnista jodi (I-131) -hoidon yhteydessä sekä opastaa sellaisten ohjeiden laadinnassa, joita lääkärit voivat jakaa potilaille tai heidän laillisille holhoojilleen perheen ja lähipiirin altistuksen rajoittamiseksi.

Kirjanen on laadittu Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimuksen 31 artiklan nojalla perustetun terveysalan asiantuntijaryhmän avustuksella.

Ohjeet eivät sido jäsenvaltioita, ja ne ovat soveltamisalaltaan luonnollisesti rajalliset. Kirjanen ei millään muotoa pyri olemaan kaiken kattava tieteellinen raportti, jossa käsiteltäisiin kaikkia mahdollisia sairauksia ja hoitomenetelmiä, joissa käytetään jodi 131:tä. Kirjanen on yksi lääketieteellistä säteilyaltistusta koskevan direktiivin täytäntöönpanemisen helpottamiseksi laadituista teknisistä oppaista.

Kirjanen rakentuu seuraavasti:

Aluksi esitetään yleinen johdanto, jossa annetaan taustatietoja. Seuraavassa luvussa käsitellään jodi 131 -hoidon vaikutuksia. Kolmannessa luvussa ehdotetaan, miten annosrajoitukset voidaan asettaa, ja neljännessä luvussa käsitellään joitakin seikkoja, jotka on syytä ottaa huomioon hoidettaessa avohoitopotilaita jodi 131:llä tai päästettäessä sairaalassa hoidetut potilaat kotiin tällaisen hoidon jälkeen. Viidennessä luvussa neuvotaan lääkäreitä siitä, miten he voivat opastaa jodi 131:llä hoidettuja potilaita. Neljässä liitteessä annetaan yksityiskohtaisempia tietoja ja käytännön ohjeita. Liitteissä viitataan edeltäviin lukuihin.

Toivon, että tästä oppaasta on hyötyä jäsenvaltioiden toimivaltaisille viranomaisille, lääkäreille, sairaalafyysikoille sekä kaikille niille, jotka ovat suoraan tai epäsuoraan tekemisissä jodi 131-hoidon kanssa.

**Suzanne Frigren**

Ydinturvallisuus- ja väestönsuojeluosaston  
johtaja

## 1. JOHDANTO

Perusnormeja koskevassa direktiivissä (96/29/EURATOM) todetaan, että väestön annosrajoja ei sovelleta *"lääketieteellisissä toimenpiteissä tutkittavaa tai hoidettavaa henkilöä tietoisesti ja vapaaehtoisesti sekä muuten kuin ammattinsa puitteissa auttaviin henkilöihin"* (6 artiklan 4 kohdan b alakohta). Muita peruseriaatteita, kuten toimintojen oikeutusta ja säteilysuojelun optimointia, sovelletaan kuitenkin myös näihin henkilöihin.

Yksi useimmin käytetyistä lääketieteen sovelluksista, joka aiheuttaa potilaan perheen, lähipiirin ja muiden (joita lainsäädännössä kutsutaan "muiksi ihmisiksi") altistumista säteilylle, on kilpirauhassairauksien hoito radioaktiivisella jodilla.

On tehtävä ero kilpirauhasen syöpään käytetyn jodi 131 -hoidon ja muihin sairauksiin, kuten kilpirauhasen liikatoimintaan, käytetyn hoidon välillä.

Edellisessä tilanteessa ei ole useimmissa tapauksissa perusteltua lähettää potilasta kotiin välittömästi sen jälkeen, kun hänelle on annettu radionuklidia, koska potilaasta tapahtuva erityis ja ulkoinen säteily (potilas on säteilylähde) aiheuttaa suuria säteilyannoksia potilaan kanssa tekemisissä oleville ihmisille muutamien päivien ajan. Lisäksi potilas tarvitsee usein lääkärinhoitoa tässä alkuvaiheessa. Kahden tai kolmen päivän kuluttua potilaassa jäljellä oleva aktiivisuus on riittävän matala, jotta hänet voidaan perustellusti päästää kotiin sairaalasta.

Jälkimmäisessä tapauksessa perheenjäsenten ja muiden ihmisten, jotka eivät saa välitöntä terveydellistä hyötyä altistuksesta, altistus on perusteltava sosiaalisin, taloudellisin ja psykologisin syin. Näitä näkökohtia on punnittava suhteessa niihin riskeihin, joita näille ihmisille aiheutuu altistuksesta.

Joitakin esimerkkejä:

Useat potilaat kestävät huonosti eristyksen erikoissuojatussa sairaalahuoneessa. Toiset eivät voi lainkaan hyväksyä eroa perheestä. Jos sairaalassa ei ole käytettävissä erikoissuojattua huonetta, on selvää, että radioaktiivisilla aineilla hoidetun potilaan pitäminen sairaalassa saattaa altistaa muut potilaat. Tämän vuoksi kilpirauhasen liikatoiminnasta kärsiviä potilaita hoidetaan joissakin jäsenvaltioissa avohoitopotilaina. Luonnollisesti myös taloudellisilla näkökohdilla on tärkeä sija tässä päätöksessä, sillä hoidettujen potilaiden pitäminen sairaalassa on kallista. Lopuksi on muistettava, että ainoastaan erittäin harvat ihmiset altistuvat hoidetusta potilaasta lähtevälle säteilylle useammin kuin kerran elämänsä aikana.

Toiminnan oikeutuksen lisäksi on luonnollisesti optimoitava muiden ihmisten suojele, jotta annokset saadaan pidettyä niin pieninä kuin käytännön toimenpitein on mahdollista. Perusnormeja koskevan direktiivin 7 artiklassa todetaan tästä, että *"annosrajoituksia olisi tarvittaessa käytettävä säteilysuojelun optimoimiseksi"* ja että *"jäsenvaltioiden vahvistamat ohjeet menettelyistä, joita sovelletaan 6 artiklan 4 kohdan b ja c alakohdassa tarkoitettulla tavalla altistuviin henkilöihin, voivat sisältää annosrajoituksia."*

Radioaktiivisilla aineilla hoidetusta potilaasta muille ihmisille aiheutuvien annosten rajoittamiseksi käytetään useimmissa jäsenvaltioissa jonkinlaista annosrajoitusta, usein johdettua jäljellä olevan aktiivisuuden rajoitusta. Näitä aktiivisuusrajoja käytetään päätettäessä siitä, voidaanko potilasta hoitaa avohoidossa, samoin kuin siitä, onko sairaalahoidossa ollut potilas turvallista päästää kotiin.

Unionin alueella aktiivisuusrajat vaihtelevat 95 MBq:stä 800 MBq:iin jodi 131:tä, mutta useimmissa jäsenvaltioissa rajat ovat 400–600 MBq.

Tässä yhteydessä olisi korostettava, että kilpirauhassairauksien hoitomenetelmät vaihtelevat suuresti jäsenvaltiosta toiseen.

Tässä oppaassa ei pyritä yhdenmukaistamaan aktiivisuusrajoja, vaan tarkastelemaan mahdollisimman perusteellisesti erityyppisiä käytäntöjä ja esittämään yhteinen toimintamalli aktiivisuusrajojen käytössä.

Lääketieteellistä säteilyaltistusta koskevan direktiivin 4 artiklassa edellytetään, että "*jäsenvaltioiden on varmistettava, että altistusta koskevaa tarvittavaa opastusta annetaan henkilöille, jotka tietoisesti ja vapaaehtoisesti (muuten kuin ammattinsa puitteissa) avustavat ja tukevat lääketieteellisen tutkimuksen tai hoidon kohteena olevia potilaita.*" Tätä säännöstä sovelletaan diagnostiseen radiologiaan, sädehoitoon sekä isotooppilääketieteen diagnoosi- ja hoitomuotoihin.

Direktiivin 4 artiklassa tarkoitettuja ihmisiä kutsutaan tässä kirjasessa *perheeksi ja lähipiiriksi*. Tähän ryhmään kuuluvat kaikki ne, jotka asuvat samassa asunnossa potilaan kanssa ja ne, jotka käyvät tapaamassa potilasta sairaalassa tai kotona. Muita potilaan kanssa kosketuksissa olevia henkilöitä kutsutaan tästä lähtien *muiksi ihmisiksi*, ja heitä käsitellään kuten väestöä yleensä.

Lisäksi lääketieteellistä säteilyaltistusta koskevan direktiivin 4 artiklassa edellytetään, että "*kun on kyse potilaasta, jonka hoidossa käytetään radionuklideja, jäsenvaltion on varmistettava, että lääketieteellisen toiminnan harjoittaja antaa tarvittaessa potilaalle tai tämän lailliselle holhoojalle ennen kotiuttamista kirjalliset ohjeet, joiden tarkoituksena on rajoittaa potilaan kanssa tekemisissä olevien henkilöiden annoksia sekä antaa tietoa ionisoivan säteilyn vaaroista.*"

Useissa jäsenvaltioissa on jo kehitetty ohjeita, joissa esitetään, miten radioaktiivisella jodilla hoidettujen potilaiden tulisi toimia. Tässä kirjasessa otetaan huomioon nämä eri ohjeet ja ehdotetaan eurooppalaista toimintamallia.

On tarkoitus, että ohjeita noudattavat niin avohoitopotilaat kuin sairaalasta päästetyt potilaat tai heidän lailliset holhoojansa. Ohjeet on tarkoitettu potilasta hoitaville lääkäreille, yleislääkäreille sekä kansallisen ja paikallisen tason toimivaltaisille viranomaisille. Raportissa annetaan joitakin ohjeita myös niille lääketieteellisen toiminnan harjoittajille, joiden tehtävänä on antaa neuvoja ja suosituksia lääkäreille ja potilaille ionisoivaan säteilyyn liittyvien riskien vähentämisestä.

Lääketieteellistä säteilyaltistusta koskevassa direktiivissä edellytetään, että toimivaltaiset viranomaiset säätävät kansallisissa laeissa tai asetuksissa velvoitteen, jonka mukaisesti potilaille on annettava asianmukaiset ohjeet. Vastaavan lääkärin tehtävänä on varmistaa, että potilaille tai heidän laillisille holhoojilleen annetaan ohjeet suullisesti ja kirjallisessa muodossa. Lääkärin on luonnollisesti mahdotonta tarkistaa, seuraavatko potilaat ohjeita kirjaimellisesti. Lääkäri ei näin ollen ole vastuussa ohjeiden noudattamisesta kunhan ohjeet on annettu potilaalle asianmukaisesti.

Lääkärien olisi kiinnitettävä potilaiden huomiota siihen, että heillä on vastuu perhettään, ystäviään ja muita ihmisiä kohtaan.

Jos potilaan perhe ei halua avustaa ja tukea potilasta kotona, perheenjäseniä olisi kohdeltava muina ulkopuolisina ihmisinä, jolloin heihin sovelletaan automaattisesti väestön annosrajoja<sup>1</sup>.

Myöhemmin tässä oppaassa ehdotetaan, että tällaisessa tapauksessa olisi noudatettava annosrajan murto-osaa (0,3 mSv).

---

<sup>1</sup> 1 mSv vuodessa. Erityistilanteissa voidaan kuitenkin sallia tätä suurempi efektiivinen annos yhden vuoden aikana sillä edellytyksellä, että viiden peräkkäisen vuoden keskiarvo ei ylitä arvoa 1 mSv vuodessa.

## 2. JODI 131 -HOIDON VAIKUTUKSET

Tässä luvussa esitetään yhteenveto jodi 131 -hoidon taustatiedoista ja annosrajoitusten arvioinnissa huomioon otettavia näkökohtia. Yksityiskohtaisempia tietoja annetaan liitteessä II.

### 2.1. Jodi 131 -hoito

Ionisoivalla säteilyllä tiedetään olevan kahdentyyppisiä biologisia vaikutuksia: deterministisiä ja stokastisia. Deterministiset vaikutukset aiheutuvat elimen toiminnan heikkenemisestä tai puuttumisesta, jotka aiheutuvat solujen vaurioitumisesta tai tuhoutumisesta. Näille vaikutuksille on olemassa kynnsarvot: useiden elinten ja kudosten toimintaan ei vaikuta se, jos terveiden solujen määrä vähenee hieman. Ainoastaan riittävän suuri solujen määrän väheneminen aiheuttaa kliinisesti havaittavissa olevan patologisen toimintahäiriön.

Kilpirauhassyövän, etäpesäkkeiden, kilpirauhasen liikatoiminnan ja eutyreoottisen struuman hoidossa on tavoitteena tuhota soluja vaikuttamatta kuitenkaan muihin elimiin siten, että aiheutuisi deterministisiä vaikutuksia.

Koska kilpirauhasen solut voivat kerätä jodia, kilpirauhassairauksia voidaan hoitaa radioaktiivisella jodilla.

Näissä hoidoissa käytetään usein  $\beta$ -säteilyä lähettävää jodi 131:tä, vaikka siihen liittyvä  $\gamma$ -säteily aiheuttaa muidenkin kudosten ja jopa muiden ihmisten altistumista.

Todennäköisyyden, että normaaliväestö saa säteilystä aiheutuvan kuolemaan johtavan syövän, on arvioitu olevan (ICRP 60) noin 5 prosenttia sievertiä kohti<sup>2</sup> pienillä annoksilla ja pienillä annosnopeuksilla ja 1 prosentti sievertiä kohti vakavien geneettisten sairauksien osalta. Yli 60-vuotiaiden osalta todennäköisyys näyttää olevan 3–10 kertaa pienempi. Tämä johtuu siitä, että vanhempien ihmisten jäljellä oleva elinaika ei ehkä ole niin pitkä, että syöpä ehtisi ilmetä ja lisäksi on epätodennäköistä, että geneettisiä vaurioita siirtyisi jälkipolviin. Alle 10-vuotiaiden lasten kohdalla kuolemaan johtavan syövän todennäköisyys on noin 2–3 kertaa suurempi.

Raskaana olevien naisten riski on sama kuin normaaliväestön. Syntymättömällä lapsella on kuitenkin arvioitu olevan sama riski sairastua kuolemaan johtavaan syöpään kuin pienillä lapsilla. Deterministisiä vaikutuksia on havaittu, kun voimakas säteilyaltistus on tapahtunut kohdussa. Perheen tai lähipiirin radioaktiivisilla aineilla hoidetusta potilaasta saamat annokset ovat kuitenkin huomattavasti determinististen vaikutusten kynnsarvon alapuolella.

Koska herkkyys ionisoivaa säteilyä kohtaan vaihtelee eri ikäryhmissä, eri ryhmille aiheutuvan riskin pienentämiseen tähtäävät ohjeet ovat myös erilaisia.

---

2

Tämä tarkoittaa sitä, että jos 100 000 ihmistä altistuu 1 mSv:ille, arvioidaan 5 ihmisen sairastuvan säteilystä aiheutuvaan, kuolemaan johtavaan syöpään. Samaten, jos nämä 100 000 ihmistä altistuvat 5 mSv:ille, arvioidaan 25 ihmisen sairastuvan.

## 2.2. Annokset muille ihmisille

Yleisesti ottaen suora ulkoinen säteily potilaasta sekä potilaan uloshengittämä jodi 131 saattavat mahdollisesti aiheuttaa huomattavia annoksia muille ihmisille. Altistuminen näille säteilylähteille olisi estettävä tai sitä olisi vähennettävä niin paljon kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.

Tässä kirjasessa on radioaktiivisilla aineilla hoidetun potilaan kanssa kosketuksiin joutuvat ihmiset jaettu kahteen ryhmään: perheeseen ja lähipiiriin sekä muihin ihmisiin. Ensimmäinen ryhmä, johon sisältyvät myös vierailijat, voidaan jakaa edelleen kuuteen ryhmään: raskaana olevat naiset, alle 2-vuotiaat lapset, 3–10-vuotiaat lapset, aviopuolisot, yli 60-vuotiaat aviopuolisot sekä muut ihmiset.

Kuten edellä selitettiin, nämä ryhmät valittiin, koska (i) syntymättömille lapsille ja alle 10-vuotiaille lapsille kehitty säteilyn seurauksena herkemmin syöpä, (ii) alle 2-vuotiaat lapset ovat usein muita enemmän läheisessä fyysisessä kosketuksessa vanhempiansa ja (iii) yli 60-vuotiaille ihmisille kehitty muita epätodennäköisemmin ionisoivasta säteilystä aiheutuva syöpä. Nämä erot ovat erityisen tärkeitä pohdittaessa potilaille annettavia ohjeita.



### 3. ANNOSRAJOITUKSET

Lääketieteellisen altistuksen osalta optimoinnissa käytetään kahta eri menettelyä. Molemmilla pyritään pienentämään tarpeettomia suuria annoksia. Toinen on vertailutasojen järjestelmä, jota käytetään ainoastaan diagnostisissa tutkimuksissa, eikä sillä siten ole merkitystä tämän kirjasen kannalta. Toisessa menetelmässä käytetään annosrajoituksia.

Annosrajoitukset (ks. myös "Considerations on the Concept of Dose Constraints, joint report of NEA/EC Group of Experts" -opasta) ovat optimointitarkoituksissa käytettyjä raja-arvoja. Ne ovat ohjeellisia ennusteita, joita ei ole tarkoitus ylittää. Ne eivät ole lakisääteisiä annosrajoja. Koska radionuklideilla hoidetut potilaat ovat mahdollisia kontaminaatio- ja altistuslähteitä muille ihmisille, tarvitaan heidän käyttäytymistään koskevia ohjeita, jotta voidaan rajoittaa heidän perheenjäsenilleen, lähipiirilleen ja muille ihmisille aiheutuvia annoksia. Tässä tapauksessa käytettyjä raja-arvoja kutsutaan annosrajoituksiksi. Koska perheenjäsenet ja lähipiiri voivat hyötyä siitä, että hoitoa saanut potilas on perheen parissa, ennalta asetetut annosrajoitukset voivat olla korkeampia kuin väestön annosrajat. Muut ihmiset, joilla ei ole minkäänlaista yhteyttä potilaaseen ja jotka ovat yleensä potilaasta aiheutuvan säteilyn satunnaisia "uhreja", eivät hyödy altistuksesta ollenkaan, joten heitä pidetään väestöön kuuluvina.

Kun potilasta on hoidettu radioaktiivisilla aineilla, perheenjäsenten ja lähipiirin saamat annokset riippuvat sekä potilaan että heidän omasta käyttäytymisestään. Jos tiettyjä sääntöjä noudatetaan, ennalta asetetut annosrajoitukset toteutuvat. Muille ihmisille, jotka eivät yleensä edes tiedä, että lähistöllä on säteilylähde, aiheutuvat annokset riippuvat täysin potilaan käyttäytymisestä.

Kuten edellä mainittiin, pienten lasten riskitekijä on kaksi tai kolme kertaa suurempi kuin normaaliväestön. Jotta stokastisten vaikutusten riski olisi yhtä suuri, lasten ja syntymättömien lasten annosrajoituksen olisi oltava 2–3 kertaa pienempi kuin aikuisten annosrajoitus.

Vanhemmilla ihmisillä (60–80-vuotiailla) riskitekijä on 3–10 kertaa pienempi kuin normaaliväestöllä. Tämän ikäryhmän annosrajoitukset voivat siten olla korkeampia.

Kuten taulukon IV.2 sarakkeista C ja D (liite IV) voidaan havaita, useimmat potilaiden käyttäytymistä koskevat ohjeet on tarkoitettu aikuisille ja yli 10-vuotiaille lapsille, mutta ne eivät sovellu pienille ja syntymättömille lapsille. Jälkimmäiselle ryhmälle olisi annettava erityisohjeet.

#### 3.1. Jodi 131 -hoidon annosrajoitukset

Taulukossa 1 ehdotetaan annosrajoituksia radionuklidihoidon saaneiden avohoitopotilaiden tai sairaalasta kotiutettujen potilaiden perheenjäsenille ja lähipiirille.

Esitettyjä arvoja asetettaessa on otettu huomioon seuraavat näkökohdat:

- 1) Annosrajoja ei sovelleta lääketieteelliseen altistukseen, mutta niitä voidaan käyttää vertailuarvoina päätettäessä, onko tietty altistus hyväksyttävää.
- 2) Yksittäinen ihminen altistuu elinaikanaan tavallisesti vain kerran tai kaksi potilaasta aiheutuvalla säteilyllä.
- 3) Altistuneen ihmisen ikä altistushetkellä on tärkein tekijä laskettaessa hänelle aiheutuvaa riskiä.

Tämän vuoksi:

- 1 mSv on hyväksyttävä raskausajan loppuajan yläarvo sellaisen syntymättömän lapsen

saamalle altistukselle, jonka äiti on työssään altistunut säteilylle (perusnormeja koskeva direktiivi), joten saman arvon käyttäminen tuntuu kohtuulliselta myös potilaasta aiheutuvan, kohdussa saadun altistuksen osalta.

- Alle 10-vuotiailla lapsilla oletetaan olevan sama riski kuin syntymättömillä lapsilla, joten 1 mSv tuntuu hyväksyttävältä tasolta myös heidän kohdallaan.
- Yli 10-vuotiailla lapsilla ja aikuisilla on 2–3 kertaa pienempi riski kuin pienillä lapsilla. Tämän ryhmän annosrajoitusten määrittämisessä saattaisi olla hyödyllistä turvautua perusnormeja koskevaan direktiiviin, jonka mukaan erityistilanteissa voidaan sallia 1 mSv:ä suurempi annosraja yhden vuoden aikana sillä edellytyksellä, että viiden peräkkäisen vuoden keskiarvo ei ylitä arvoa 1 mSv vuodessa. Koska ihmiset joutuvat yleensä kosketuksiin potilaasta aiheutuvan säteilyn kanssa vain kerran elinaikanaan, tätä tilannetta voidaan pitää "erityistilanteena". Kun otetaan huomioon potilaasta aiheutuvan säteilyn lisäksi muista keinotekoisista säteilylähteistä mahdollisesti aiheutuva altistus tämän ajanjakson aikana, 3 mSv:n annosrajoitus näyttää kohtuulliselta.
- Yli 60-vuotiailla aikuisilla riski on 3–10 kertaa pienempi kuin normaaliväestöllä, ja yli 65-vuotiailla riski on 5–10 kertaa pienempi. Näin ollen iäkkään väestönosan annosrajoitus voi kohtuudella olla 15 mSv.

**Taulukko 1** Perheelle ja lähipiirille ehdotetut annosrajoitukset (mSv) jodi 131 -hoidon yhteydessä

Ihmisryhmä	Annosrajoitus
Lapset (myös syntymättömät lapset *)	1 mSv
Aikuiset	
Alle 60-vuotiaat	3 mSv **
Yli 60-vuotiaat	15 mSv

\* Syntymättömiin lapsiin kuuluvat alkio ja sikiöt.

\*\* Näitä arvoja ei oleteta sovellettavan sellaisiin perheenjäseniin ja ystäviin, jotka hoitavat erittäin sairaita sairaalahoidossa olevia potilaita. Esimerkkinä sairaalahoidossa olevia lapsiaan hoitavat äidit.

Koska muiden ihmisten altistusta pidetään väestön altistuksena, siihen sovelletaan annosrajoja. Perusnormeja koskevassa direktiivissä tarkoitettujen väestön annosrajat ovat kumulatiivisia annosrajoja, joita sovelletaan väestöön kuuluvan henkilön saaman altistuksen kokonaismäärään. On muistettava, että ihmiset voivat altistua myös muista keinotekoisista säteilylähteistä aiheutuvalle säteilylle, eikä näiden kaikkien altistusten kokonaismäärä saa ylittää arvoa 1 mSv vuodessa.

Tämän vuoksi arvoa 0,3 mSv, joka on vain murto-osa annosrajasta, suositellaan tämän tyyppisen altistuksen ylärajaksi.

#### **4. AVOHOITOPOTILAIDEN HOITO JA SAIRAALAHOIDOSSA OLLEIDEN POTILAIDEN KOTIUTTAMINEN SAIRAALASTA**

Avohoitopotilaiden hoidon ja potilaiden kotiuttamisen olisi tapahduttava tiettyjen vaatimusten mukaisesti. Hoidosta vastaavan lääkärin on varmistettava, että asianmukaiset annosmittaukset tehdään, että potilaille annetaan ohjeet sekä suullisesti että kirjallisesti ja että potilaan kotioloista pyydetään tietoja.

Kilpirauhasen liikatoiminnan hoidossa radionuklidien fraktioitua annostelua lyhyen ajanjakson aikana ei pidetä hyvänä käytäntönä, koska tästä aiheutuu korkeampia kumulatiivisia annoksia potilasta hoitaville tai hänen luonaan vieraileville ihmisille samoin kuin potilaalle itselleen. Tämän vuoksi fraktioitua hoitoa, jota käytetään joissakin maissa sairaalahoidon välttämiseksi, ei voida pitää oikeutettuna. Toistuva radionuklidin antaminen saattaa olla tarpeen joissakin tapauksissa, jos hoito ei riitä hillitsemään sairautta. Tämä selviää kuitenkin vasta sitten, kun ensimmäisestä hoidosta on kulunut ainakin neljä kuukautta (ks. myös liite II).

##### **4.1. Raskaus**

Raskaus on este jodi 131-hoidolle. Hoito pitäisi yleensä lykätä synnytyksen jälkeen tai olisi harkittava muita hoitomuotoja, kuten kirurgista hoitoa. Jos äidille kuitenkin aiheutuu vakava uhka eivätkä muut hoitomuodot tule kysymykseen, esimerkiksi etäpesäkkeiden ollessa kyseessä, lapselle hoidosta aiheutuvaa haittaa olisi arvioitava suhteessa siihen, mitä seurauksia äidille aiheutuu, jos hänet jätetään hoitamatta.

##### **4.2. Annosmittaukset**

Potilaan hoito avohoitoperiaatteella tai potilaan päästäminen sairaalasta sallitaan ainoastaan, jos potilaassa jäljellä olevasta aktiivisuudesta perheenjäsenille ja lähipiirille sekä muille ihmisille (väestölle) aiheutuvan annoksen ei oleteta ylittävän toimivaltaisten viranomaisten hyväksymiä annosrajoituksia.

Pääsääntöisesti kilpirauhassyöpää hoidetaan radioaktiivisella jodilla vain ottamalla potilas sairaalaan. Potilaan päästämisen sairaalasta tulisi tapahtua tässä luvussa mainittujen vaatimusten mukaisesti.

Ennen potilaan päästämistä sairaalasta lääkärin on varmistettava, että jäljellä oleva aktiivisuus ei ylitä ennalta määrättyjä aktiivisuusrajoja. Tämä voidaan tehdä säteilymittauksilla yhden metrin päässä seisovasta potilaasta. Tähän tarkoitukseen olisi määritettävä vakiomittausmenettely. Potilaan sairaalasta päästämistä koskevan päätöksen on perustuttava suurimman annosnopeuden mittaamiseen. Kilpirauhasen liikatoiminnan hoidossa mittaushetkenä on yleensä kilpirauhasen alue, mutta laajalle etäpesäkkeitä levittäneen kilpirauhassyövän hoidossa mittaushetkenä voi olla muualla kehossa.

Mittaustulos on merkittävä muistiin.

Avohoitopotilaan hoitoon tulisi soveltaa samoja perusteita.

Liitteessä II annetaan joukko kertoimia aktiivisuuden muuntamiseksi efektiiviseksi annokseksi (taulukko II.1) ja annosnopeuden muuntamiseksi efektiiviseksi annokseksi (taulukko II.2).

##### **4.3. Ohjeet**

Hoidosta vastaavan lääkärin pitää varmistaa, että potilaalle tai hänen lailliselle holhoojalleen annetaan sekä suulliset että kirjalliset ohjeet ennen potilaan hoitamista. Hänen pitää selittää, miksi on tärkeää

noudattaa näitä ohjeita ja keskustella niistä yksityiskohtaisesti potilaan kanssa. Tämä menettely ja ohjeiden sisältö on merkittävä muistiin potilastietoihin.

#### **4.4. Potilaan tila**

Hoidosta ja kotiuttamisesta vastaavan lääkärin olisi varmistettava, että potilas ja hänen perheensä tai lähipiirinsä ymmärtävät ohjeet ja voivat noudattaa niitä. Potilaan pitäisi tulla toimeen omin avuin ja kyetä yhteistyöhön sekä suostua noudattamaan ohjeita. Jos potilas ei tule toimeen omin avuin, jos hän ei ole yhteistyökykyinen tai jos hänellä on vaikeuksia pidätyskyvyn kanssa tai jos hän oksentelee, potilaan hoitaminen muualla kuin sairaalassa ei ole suotava (turvallinen) vaihtoehto. Tällaisessa tapauksessa on annettava ylimääräiset ja erittäin yksityiskohtaiset perheen ja ystävien käyttäytymistä koskevat ohjeet, kun on ensin mahdollisesti kuultu säteilysuojeluasiantuntijaa. Näin pyritään varmistamaan, että potilaassa jäljellä oleva aktiivisuus ei aiheuta taulukossa 1 esitettyjä annosrajoituksia ylittäviä annoksia.

#### **4.5. Kotiolot**

Hoidettaessa potilaita kotona tai päästettäessä heidät pois sairaalasta on arvioitava kotiympäristöä sosioekonomisessa mielessä. Kotiympäristön pitäisi olla sellainen, että potilas ja hänen perheenjäsenensä tai lähipiirinsä voivat noudattaa saamiaan ohjeita. Olisi otettava huomioon käytettävissä oleva asuintila eli huoneiden lukumäärä talossa, saniteetitilojen laatu, yhteydet pääviemäriverkkoon jne.

Potilaan hoidosta ja sairaalasta kotiuttamisesta vastaavan lääkärin on varmistettava, että potilaalta on kysytty näitä seikkoja ja että hänelle on selitetty, että muille ihmisille aiheutuva riski on suorassa yhteydessä potilaan ja kyseisen ihmisen väliseen etäisyyteen, heidän läheisesti yhdessä viettämänsä ajan pituuteen jne. Lääkärin olisi tehtävä päätös tämän tiedon perusteella, mutta hän ei luonnollisestikaan voi olla vastuussa virheistä, jos potilas on antanut vääriä tietoja.

#### **4.6. Erityistilanteet**

Jos jodi 131 -hoitoa saaneelle potilaalle on tehtävä kiireellinen leikkaus tai jos tällainen potilas on saanut sydänkohtauksen, häntä olisi kohdeltava samoin kuin muitakin potilaita, vaikka hänessä (jäljellä oleva) aktiivisuus ylittäisikin sen aktiivisuusrajan, jolloin sairaalasta päästäminen on mahdollista. Erityisneuvoja olisi pyydettävä sairaalafyysikolta, jos hänet pystytään tavoittamaan. Samaa menettelyä on noudatettava, jos potilas on palannut kotiin hoidon jälkeen ja tarvitsee kiireellistä hoitoa. Tässä tapauksessa potilaan tai hänen perheenjäsentensä velvollisuus on välittömästi ilmoittaa kiireellistä hoitoa antavalle henkilölle potilaan erityistilasta jodi 131 -hoidon jälkeen.

#### **4.7. Potilaan kuolema**

Joskus potilas kuolee pian jodi 131 -hoidon jälkeen. Säteilysuojelun asiantuntijaan olisi otettava yhteys, jos tehdään ruumiinavaus tai on tarpeen varmistaa perheen, ystävien ja muiden ihmisten turvallisuus vainajan käsittelyn, arkun äärellä valvonnan tai hautajaistilaisuuden aikana, jotta annokset voitaisiin pitää niin pieninä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.

Hautaamista tai polttohautausta saattavat koskea kansallisessa lainsäädännössä annetut rajoitukset.

## 5. OHJEITA AVOHOITOPOTILAITA JA SAIRAALASTA KOTIUTETTAVIA POTILAITA NEUVOVILLE LÄÄKÄREILLE

Seuraavat ohjeet on tarkoitettu sairaalalääkäreille sekä yleislääkäreille. Esimerkki potilaalle, häntä saattaville henkilöille tai hänen lailliselle holhoojalleen tarkoitetuista kirjallisista ohjeista on liitteenä I. Nämä ohjeet olisi annettava ennen hoitoa, jotta kotona tehtäviin tarpeellisiin järjestelyihin jäisi riittävästi aikaa. On suotavaa, että ohjeet selitetään suullisesti ja potilasta rohkaistaan kysymään lisäselvityksiä, mikäli jotkin kohdat ovat jääneet epäselviksi.

Ohjeiden soveltamisaika riippuu siitä, mikä on seisovasta potilaasta aiheutuva enimmäisannos yhden metrin päässä (mahdolliset annosmuuntokertoimet on annettu liitteessä II).

Erityistilanteissa saatetaan tarvita täydentäviä ohjeita. Tällaisissa tilanteissa olisi pyydettävä neuvoa sairaalafyysikolta, jos hänet pystytään tavoittamaan.

### OHJEET LÄÄKÄRILLE

Taulukossa 2 ehdotetaan erilaisia ajanjaksoja, joiden aikana potilaiden (sekä perheenjäsenten ja ystävien) olisi noudatettava näitä heidän käyttäytymistään koskevia rajoituksia.

Rajoitusten kesto riippuu siitä efektiivisestä annosnopeudesta, joka mitataan 1 metrin päästä mistä tahansa potilaan kehon osasta. Myös muita menetelmiä, jotka antavat tulokseksi erilaisia ajanjaksoja (ks. esim. LAZ95 ja ETA 95), voidaan käyttää

**Taulukko 2** Efektiiviset annosnopeudet 1 metrin päästä, näitä vastaavat arvioidut (jäljellä olevat) aktiivisuudet sekä ajanjaksot, joiden aikana ohjeita on noudatettava

Efektiivinen annosnopeus 1 metrin päässä potilaasta [ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 1 metrin päässä]	Vastaava arvioitu (jäljellä oleva) aktiivisuus *	Ajanjakso, jonka aikana ohjeiden noudattamista suositellaan
< 40	< 800 MBq	3 viikkoa
< 20	< 400 MBq	2 viikkoa
< 10	< 200 MBq	1 viikko
< 5	< 100 MBq	4 päivää
< 3	< 60 MBq	24 tuntia hoidon antamisen jälkeen

\* Nämä arvot perustuvat liitteessä III mainittuihin fysikaalisiin tietoihin.

Ehdotetut ajanjaksot perustuvat sairaalassa hoidettavissa potilaissa jäljellä olevaan aktiivisuuteen. Näiden potilaiden nopea eritysvaihe on lähes tulkoon päättynyt ennen sairaalasta päästämistä (kehon aktiivisuus vähenee nopeammin ensimmäisen päivän kuin sitä seuraavien päivien aikana). Avohoitopotilaissa jäljellä oleva aktiivisuus on sama kuin hoidossa käytetty aktiivisuus, mutta nopea eritysvaihe tapahtuu potilaan ollessa kotona. Tämä merkitsee sitä, että sairaalasta kotiutettavat potilaat aiheuttavat perheelle ja lähipiirille suurempia säteilyannoksia kuin avohoitopotilaat, joissa jäljellä oleva aktiivisuus on kotiutettaessa vastaavan suuruinen. Edellä mainitut ajanjaksoja koskevat suositukset ovat siten avohoitopotilaiden osalta varovaisia arvioita.

## Ohjeet:

### Yleistä:

Potilaan olisi kotona pysyteltävä mahdollisimman kaukana muista ihmisistä: aina vähintään yhden metrin päässä ja pidempien ajanjaksojen ollessa kyseessä yli kahden metrin päässä.

### Käymälässä:

Potilaiden (myös miesten) olisi istuttava virtsatessaan. Olisi käytettävä wc-paperia sukuelinten kuivaamiseen, ja käymälä olisi aina huuhdeltava jälkeenpäin. Kädet olisi pestävä, mahdollisuuksien mukaan wc-tilassa, jotta vältetään ovenripojen jne. kontaminaatio.

### Pikkulapset (0–10-vuotiaat)

Annoksesta aiheutuva riski on suurempi alle 10-vuotiaille lapsille kuin normaaliväestölle. Lisäksi hyvin pienet lapset ovat usein suoraan fyysisesti kosketuksissa vanhempiinsa (tai muihin aikuisiin) useiden tuntien ajan vuorokaudessa.

Jos perheessä on pieniä lapsia, vanhemmille olisi kerrottava lapsiin kohdistuvasta ylimääräisestä riskistä.

Suoraa fyysistä kosketusta olisi vältettävä mahdollisuuksien mukaan. Jälleen pätee sääntö: mitä suurempi etäisyys, sitä parempi.

Tästä syystä olisi hyvä, jos joku muu henkilö kuin potilas hoitaisi alle 2-vuotiaita lapsia muualla kuin potilaan kotona. Jos tämä ei ole mahdollista tai jos se ei ole suotavaa psykologisista syistä, kanssakäymisen olisi oltava mahdollisimman vähäistä.

**Suosittelun rajoitetun ajanjakson jälkeen olisi erittäin suotavaa, että potilas ei ole tarpeettomasti fyysisessä kosketuksessa pienten lasten kanssa yhteen viikkoon. Tämä koskee erityisesti kilpirauhasen liikatoiminnasta sairaalassa hoidettuja potilaita.**

### Puoliso ja muut ihmiset kotona

Suoralle fyysiselle kosketukselle (halailulle tai sukupuoliselle kanssakäymiselle) ei ole esteitä, mutta se olisi rajoitettava noin puoleen tuntiin vuorokaudessa. Olisi erittäin suotavaa, että potilas nukkuisi yksinään. Kahden vierekkäisen sängyn etäisyyden olisi oltava vähintään kaksi metriä. On varmistettava, että potilaan sänkyä ei aseteta sille seinälle, jonka toisella puolella olevassa huoneessa on toinen sänky. Sänkyjen välimatka olisi tällöin erittäin pieni, eikä seinä suojaa tehokkaasti tämäntyyppiseltä säteilyltä.

### Iäkäs puoliso:

Säteilystä aiheutuvan kokonaishaitan riski on pieni yli 60-vuotiailla. Tällöin olisi ryhdyttävä ainoastaan helposti toteutettaviin toimenpiteisiin.

### Raskaana olevat naiset:

Hoidetun potilaan raskaana olevan puolison osalta voidaan antaa samanlaiset nukkumisohjeet kuin edellä kohdassa "Puoliso ja muut ihmiset kotona". Syntymättömän lapsen annoksen pitämiseksi niin pienenä kuin kohtuudella on mahdollista olisi lisäksi läheinen fyysinen kanssakäyminen päivän aikana pidettävä mahdollisimman vähäisenä.

### Rintaruokinta:

Jos imettävä nainen tarvitsee jodi 131 -hoitoa, rintaruokinta olisi aina lopetettava ennen hoidon aloittamista eikä sitä pitäisi aloittaa uudestaan kotiin palaamisen jälkeen.

#### Raskaus:

Hedelmöitys neljän kuukauden kuluessa radioaktiivisella jodilla annetusta hoidosta saattaa aiheuttaa vaurioita syntymättömälle lapselle. Ohjeena on välttää raskaaksi tuloa näiden neljän kuukauden aikana. Koska myös miespuolisen potilaan siittiösolut voivat vaurioitua, heitä olisi neuvottava olemaan siittämättä lapsia neljän kuukauden aikana jodi 131 -hoidon jälkeen.

#### Vieraat:

Lyhyillä muutaman tunnin vierailulla ei tarvita muita erityisiä varotoimia kuin pysyttämisen turvallisen välimatkan päässä ja suoran fyysisen kanssakäymisen välttäminen (ks. "Yleistä").

Pienten lasten ja raskaana olevien naisten vierailut eivät ole suotavia.

#### Ruokailuvälineet ja talousastiat:

Koska potilaan syljen ja luonnollisten eritteiden jodipitoisuus on varsin korkea, muiden ei pitäisi käyttää potilaan käyttämiä ruokailuvälineitä ja talousastioita, pyyhkeitä, vuodevaatteita jne. Pesun jälkeen ne ovat täysin turvallisia. Niitä ei ole tarpeen pestä erillään.

#### Liikennevälineet:

Ensimmäisen viikon aikana olisi matkustamista julkisilla liikennevälineillä rajoitettava noin kahteen tuntiin matkaa kohti. Jos potilas matkustaa taksilla, hänen pitäisi istua mahdollisimman kaukana kuljettajasta. Matkustaminen saman taksikuljettajan kyydissä olisi rajoitettava noin kahteen tuntiin kokonaisuudessaan. Jos pidempiä matkoja julkisilla liikennevälineillä ei voida välttää, olisi annettava erityisohjeet kanssamatkustajien annoksen pienentämisestä. Potilasta voidaan esimerkiksi neuvoa vaihtamaan paikkaa, jotta vältettäisiin se, että hän istuisi saman ihmisen vieressä pitkän aikaa.

#### Sosiaaliset tilanteet:

Olisi vältettävä elokuvissa käymistä ja muita sosiaalisia tilanteita, joissa potilas on läheisessä kanssakäymisessä muiden ihmisten kanssa useiden tuntien ajan.

#### Työpaikka:

Seuraavat altistumistiet olisi erotettava toisistaan:

- 1) Potilas joutuu työssään läheiseen kanssakäymiseen työtoverien tai asiakkaiden tai muiden ihmisten kanssa. Jos potilaan työpaikka on koulu tai muu paikka, jossa hän joutuu tekemisiin alle 10-vuotiaiden lasten kanssa, hänen olisi poikkeuksetta pysyttävä pois töistä. Muissa olosuhteissa hänen olisi suurimman osan ajasta, myös lounastunnilla, pysyteltävä vähintään kahden metrin päässä muista ihmisistä. Jos tämä ei ole mahdollista, potilaan olisi pysyttävä pois töistä.
- 2) Potilaan työ ei vaadi läheistä kanssakäymistä muiden kanssa. Tässä tapauksessa potilas voi mennä töihin (ja välttää mahdollisuuksien mukaan läheistä kanssakäymistä). Poikkeuksen muodostavat avohoitopotilaat hoidon antamisen jälkeisinä kahtena vuorokautena (nopean erittymisen vaihe).
- 3) Ionisoiva säteily voi vaikuttaa potilaan työhön (valokuvauslevyjen kehittäminen, radioimmunoanalyysi jne.). Tällaisessa tapauksessa töistä pois pysyminen ei liity muiden ihmisten altistuksen rajoittamiseen, ja neuvoa olisi pyydetty säteilysuojeluasiantuntijalta.

**Jos esiintyy epäselvyyttä, vastaavan lääkärin olisi pyydetty neuvoa sairaalafyysikolta. Esimiehille on aina ilmoitettava asiasta.**

Taulukossa 3 annetaan esimerkkejä siitä, kuinka monen vuorokauden ajan potilaan olisi pysyteltävä kotona, jotta rajoitetaan työtovereille aiheutuva annos **0,3** mSv:iin. Kirjoittajat pitävät vuorokautta sopivana ajan yksikkönä.

**Taulukko 3** Esimerkki siitä, kuinka monen päivän ajan \*) jodi 131 -hoitoa saaneen potilaan on laskettu olevan syytä pysytellä pois töistä työtoverille aiheutuvan annoksen rajoittamiseksi 0,3 mSv:iin kolmen eri välimatkan päästä ja kolmen eri altistusajan mukaan; hoitoannoksista on annettu neljä eri vaihtoehtoa \*\*) (MBq) (*Tho95*)

Tuntia vuorokaudessa	200 MBq	400 MBq	600 MBq	800 MBq
8 h 1 metrin päästä	4	10	13	15
4 h 1 metrin päästä	-	4	8	10
8 h 2 metrin päästä	-	-	3	4

\*) Oletuksena on viisipäiväinen työviikko. Taulukossa esitetyt arvot tarkoittavat vuorokausien (viikonloppu mukaan lukien) kokonaislukumäärää ennen työhön paluuta.

\*\*\*) Nämä vuorokausien lukumäärät perustuvat avohoitopotilaille annettuun aktiivisuuteen. Kuten luvussa 5 selitettiin, sairaalassa hoidettujen potilaiden osalta kyseisten ajanjaksojen sairaalasta päästämisen jälkeen olisi oltava jonkin verran pidempiä.

#### Sairaalassa:

Jos potilas sinä ajanjaksona, jolloin hänen on noudatettava rajoituksia, joutuu odottamatta sairaalaan, hänen tilanteestaan on ilmoitettava välittömästi vastaavalle lääkärille ja vastaavalle sairaalafyysikolle.



## Liite

### I. ESIMERKKEJÄ KIRJALLISISTA OHJEISTA, JOITA ON ANNETTAVA POTILAILLE TAI HEIDÄN LAILLISILLE HOLHOOJILLE ENNEN SAIRAALASTA LÄHTÖÄ JODI 131 -HOIDON JÄLKEEN

Seuraavat ohjeet voidaan antaa potilaille, heidän laillisille holhoojilleen tai heidän perheenjäsenilleen

#### POTILAAN KÄYTTÄYTYMISTÄ KOSKEVAT OHJEET RADIOAKTIIVISELLA JODILLA ANNETUN HOIDON JÄLKEEN

Sinua on hoidettu radioaktiivisella jodilla kilpirauhasongelman vuoksi. Suurin osa jodista poistuu elimistöstäsi virtsan mukana. Elimistössäsi on kuitenkin useiden viikkojen ajan jonkin verran jodia, mikä tarkoittaa, että sinä saatat altistaa kanssasi läheisessä fyysisessä kosketuksessa olevia ihmisiä säteilylle.

Velvollisuutenasi on suojella sukulaisia, ystäviä, työtovereita ja muita. Seuraavista kysymyksistä ja vastauksista saat tietoa niistä yksinkertaisista varotoimenpiteistä, joihin voit ryhtyä.

Lääkärisi kertoo (tai on jo kertonut) sinulle, kuinka kauan sinun pitäisi noudattaa näitä ohjeita.

#### 1 Mikä on tärkein varotoimi?

Älä istu tai oleskele kauan kenenkään läheisyydessä kotona tai työpaikalla. Yritä pysytellä muista vähintään metrin päässä. Jos joudut olemaan muiden kanssa tekemisissä kauemmin (yli tunnin), pysy kahden metrin päässä.

#### 2 Entä kanssakäyminen raskaana olevien naisten kanssa?

Kanssakäymistä raskaana olevien naisten kanssa olisi vältettävä. Yritä pysytellä heistä vähintään kahden metrin päässä.



#### 3 Onko turvallista tulla raskaaksi / siittää lapsi?

Osa jodista säilyy elimistössäsi neljän kuukauden ajan. Tänä aikana sinun ei pitäisi tulla raskaaksi tai siittää lasta.

#### 4 Voinko yhä nähdä lapsiani ja hoitaa heitä?

Jos lapsesi ovat alle 10-vuotiaita, vältä mahdollisuuksien mukaan läheistä kosketusta heihin (kuten halaamista tai sylissä pitoa).

Riski on suurempi pienille lapsille kuin aikuisille. Tämän vuoksi kannattaa toimia varman päälle ja välttää tarpeetonta kosketusta vielä viikon ajan suositellun ajanjakson jälkeen.



## 5 Entä pikkulapset?

Olisi parasta, että joku muu hoitaa alle kaksivuotiaita lapsia. Järjestä, jos mahdollista niin, että he asuvat sukulaisten tai ystävien luona.

## 6 Voinko jatkaa rintaruokintaa?

Radioaktiivista jodia erittyä rintamaitoon varsin kauan. **Tämän vuoksi rintaruokinta on lopetettava kokonaan!**

## 7 Voinko olla läheisissä tekemisissä puolisoni tai muiden ihmisten kanssa kotona?

Läheinen kanssakäyminen, kuten halailu tai sukupuoli kanssakäyminen, olisi rajattava puoleen tuntiin vuorokaudessa. Sinun pitäisi nukkua erillisessä sängyssä. Sänkyjen pitäisi olla kahden metrin päässä toisistaan, vaikka niiden välillä olisi seinä. Talojen seinät eivät nimittäin suojaa hyvin tämäntyyppiseltä säteilyltä.



## 8 Entä jos puolisoni on raskaana?

Jos puoliso on raskaana, on tärkeää välttää läheistä kosketusta häneen.

## 9 Sovellataanko varotoimia myös yli 60-vuotiaisiin?

Yli 60-vuotiailla riski on paljon pienempi kuin muilla ihmisillä. Erityiset varotoimet eivät tämän vuoksi ole niin tärkeitä.

## 10 Voiko minulla käydä vieraita?

Lyhyistä alle kahden tunnin vierailusta ei aiheudu ongelmia. Pysytele vieraistasi noin kahden metrin päässä ja vältä mielellään läheistä kosketusta heihin. Pienten lasten ja raskaana olevien naisten ei ole suotavaa käydä luonasi.

## 11 Voinko mennä töihin?

Useimmat ihmiset voivat mennä töihin. Jos työsi luonteen vuoksi joudut olemaan kahden metrin etäisyydellä samasta ihmisestä yli kahden tunnin ajan päivittäin, sinun pitäisi kysyä neuvoa lääkäriltäsi.

Sinun pitäisi joka tapauksessa ilmoittaa asiasta esimiehellesi.

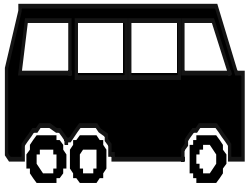
## 12 Entä jos olen töissä lastentarhassa?

Lastentarhanopettajien tai muiden, jotka ovat läheisissä tekemisissä pienten lasten kanssa työpäivän aikana, olisi pysyttävä pois töistä. Lääkärisi kertoo, kuinka kauan näin tulisi menetellä.

## 13 Voinko mennä elokuviin tai muihin huvitilaisuuksiin?

Tämä ei ole suotavaa. Vältä käymästä elokuvissa tai muissa sosiaalisissa tilaisuuksissa, joissa olet muiden ihmisten lähellä kauemmin kuin tunnin.

#### 14 Voinko käyttää julkisia liikennevälineitä?



Viikon ajan sinun pitäisi rajoittaa julkisten liikennevälineiden käyttö korkeintaan kahden tunnin matkoihin. Tee pidempiä matkoja ainoastaan, jos ne ovat ehdottoman välttämättömiä. Yritä tällöin löytää paikka, jossa voit istua yksin. Kysy neuvoa lääkäriltäsi, jos matka on pidempi.

#### 15 Entä taksilla ajaminen?

Istu takapenkillä vastakkaisella puolella kuljettajasta. Aja korkeintaan kaksi tuntia saman taksinkuljettajan kyydissä.

#### 16 Voinko käyttää samaa käymälää kuin muut?

Kyllä, mutta virtsan roiskumista on vältettävä. Tämän vuoksi myös miesten on virtsattava istualtaan. Kuivaa aina sukuelimesi wc-paperilla ja huuhtelee käymälä. On myös tärkeää pestä kädet välittömästi, vaikka olisit vain virtsannut.

#### 17 Entä ruokailuvälineet, talousastiat, vuodevaatteet, pyyhkeet jne.

Radioaktiivinen jodi poistuu potilaan kehosta myös syljen ja hien mukana. Tämän vuoksi ruokailuvälineitä, talousastioita, vuodevaatteita, pyyhkeitä jne. ei pitäisi jakaa muiden kanssa. Pesun jälkeen ne ovat täysin turvallisia. Niitä ei tarvitse pestä erikseen.

#### 18 Mitä tapahtuu, jos minun täytyy mennä sairaalaan?

Jos sinun täytyy mennä sairaalaan odottamatta, ilmoita lääkärille, että sinua on vastikään hoidettu radioaktiivisella jodilla. Tee näin, vaikka kyseessä olisi sama sairaala, jossa sait hoidon.



**JOS OLET EPÄVARMA JOSTAIN, SINUN OLISI AINA KYSYTTÄVÄ NEUVOA SINUA HOITAVALTA LÄÄKÄRILTÄ.**

## II. TAUSTATIETOA JODI 131 -HOIDOSTA

### II.1 Ionisoivan säteilyn biologiset vaikutukset

Ionisoivalla säteilyllä on kahdentyyppisiä biologisia vaikutuksia: deterministisiä ja stokastisia. Deterministiset vaikutukset aiheutuvat elimen toiminnan heikkenemisestä tai puuttumisesta, joka aiheutuu solujen vaurioitumisesta tai tuhoutumisesta. Näille vaikutuksille on olemassa kynnsarvot. Useiden elinten ja kudosten toimintaan ei vaikuta se, jos terveiden solujen määrä vähenee hieman. Ainoastaan riittävän suuri solujen määrän väheneminen aiheuttaa kliinisesti havaittavissa olevan patologisen toimintahäiriön.

Kilpirauhassyövän tai etäpesäkkeiden, kilpirauhasen liikatoiminnan ja struuman hoidossa on tavoitteena tuhota kilpirauhasessa tai etäpesäkkeissä osa soluista tai kaikki solut. Muihin elimiin ei pitäisi vaikuttaa niin, että aiheutuu deterministisiä vaikutuksia. Näissä hoidoissa käytetään tämän vuoksi  $\beta$ -säteilyä lähettävää jodi 131:tä, vaikkakin siihen liittyvä  $\gamma$ -säteily aiheuttaa myös potilaan muiden kudosten ja muiden ihmisten altistumista.

Stokastiset vaikutukset ovat seurausta säteilyn aiheuttamista muutoksista soluissa, jotka kuitenkin säilyttävät jakaantumiskykynsä. Näistä muuntuneista soluista saavat joskus alkunsa solun pahanlaatuiset muutokset, jotka johtavat pahanlaatuisen kloonin ja lopulta kliinisesti havaittavissa olevan syövän kehittymiseen. Solumuutosten ja sairauden kehittymisen välillä voi kulua muutamia vuosia (esim. leukemia, kilpirauhassyöpä) tai useita vuosikymmeniä (esim. paksusuolisyöpä ja maksasyöpä). Myös geneettisiä vaikutuksia voi aiheutua sukusolujen altistuttua säteilylle.

Stokastisille vaikutuksille ei oleteta olevan mitään kynnsarvoja. Vaikutusten esiintymistodennäköisyyden uskotaan olevan suhteessa annokseen (lineaarinen annos–vaikutus-suhde, kun annos ja annosnopeus ovat pienet), siksi stokastisten vaikutusten esiintymistodennäköisyyttä pitäisi pienentää mahdollisimman paljon pitämällä annos mahdollisimman pienenä. Hoidetun potilaan lähellä olevien ihmisten saama annos on suhteellisen pieni. Heillä ei esiinny deterministisiä vaikutuksia, ja stokastisten vaikutusten riski on varsin pieni.

Syövän luontainen ilmaantuvuus Euroopassa on noin 25 prosenttia. Säteilyn aiheuttaman, kuolemaan johtavan syövän todennäköisyyden on arvioitu (ICRP 60) olevan noin 5 prosenttia sievertiä kohti<sup>3</sup> silloin, kun annos ja annosnopeus ovat pienet, ja 1 prosentti sievertiä kohti vakavien geneettisten sairauksien osalta. Joissakin elimissä säteily voi aiheuttaa myös parannettavissa olevia syöpiä. Yli 60-vuotiailla tällaisten vaikutusten todennäköisyys näyttää olevan kolme kertaa pienempi ja yli 65-vuotiailla jopa 5–10 kertaa pienempi. Tämä johtuu siitä, että vanhempien ihmisten jäljellä oleva elinaika ei ehkä ole niin pitkä, että syöpä ehtisi ilmetä, ja lisäksi on epätodennäköistä, että geneettisiä vaurioita siirtyisi jälkipolviin. Alle 10-vuotiaiden lasten kohdalla kuolemaan johtavan syövän todennäköisyys on noin 2–3 kertaa suurempi. Raskaana olevien naisten riski on sama kuin normaaliväestön. Syntymättömällä lapsella on arvioitu olevan sama riski sairastua kuolemaan johtavaan syöpään kuin pienillä lapsilla. Näille ryhmille on annettava erilaiset ohjeet.

Deterministisiä vaikutuksia on havaittu kohdussa tapahtuneen altistuksen seurauksena, mutta perheen tai lähipiirin mahdollisesti saamat annokset ovat huomattavasti näiden vaikutusten kynnsarvojen alapuolella.

---

3

Tämä tarkoittaa sitä, että jos 100 000 ihmistä altistuu 1 mSv:ille, arvioidaan 5 ihmisen sairastuvan säteilystä aiheutuvaan, kuolemaan johtavaan syöpään. Samaten, jos nämä 100 000 altistuvat 5 mSv:ille, arvioidaan 25 ihmisen sairastuvan.

## II.2 Jodi 131:n aineenvaihdunta

### *Stabiili jodi*

Jodi on välttämätön kilpirauhashormonien ainesosa, joten kilpirauhanen ottaa jodia erittäin helposti. Tavallisesti elimistöön tulee jodia elintarvikkeiden ja juomaveden mukana. Tavanomaiset ravinnosta saatavat määrät johtavat tuskin koskaan liialliseen jodin saantiin. Kun jodi on otettu elimistöön, se keskittyy kilpirauhaskudokseen ja sitä käytetään hormonisynteesissä. Jos elimistöön tulee ylimääräistä jodia, kilpirauhanen ottaa siitä suoraan noin 25 prosenttia. Tämä määrä riippuu suuresti ravinnosta tavallisesti saatavasta päivittäisestä annoksesta. Jos jodia saadaan päivittäin vähän, kilpirauhanen voi ottaa siitä helposti 50 prosenttia. Jos päivittäinen saanto on suuri, kilpirauhanen ottaa vain 5–10 prosenttia. Loppu poistuu elimistöstä varsin nopeasti muutamien päivien kuluessa enimmäkseen virtsan mukana mutta myös muiden eritteiden, kuten ulosteen, hien ja syljen, mukana sekä uloshengityksessä. Kilpirauhasen käyttämä jodi vapautuu hitaasti hormoneista kehon nesteisiin, jolloin se voi kiertää elimistössä uudelleen. Se poistuu kehosta lopullisesti muutamien kuukausien kuluessa.

### *Radioaktiivinen jodi*

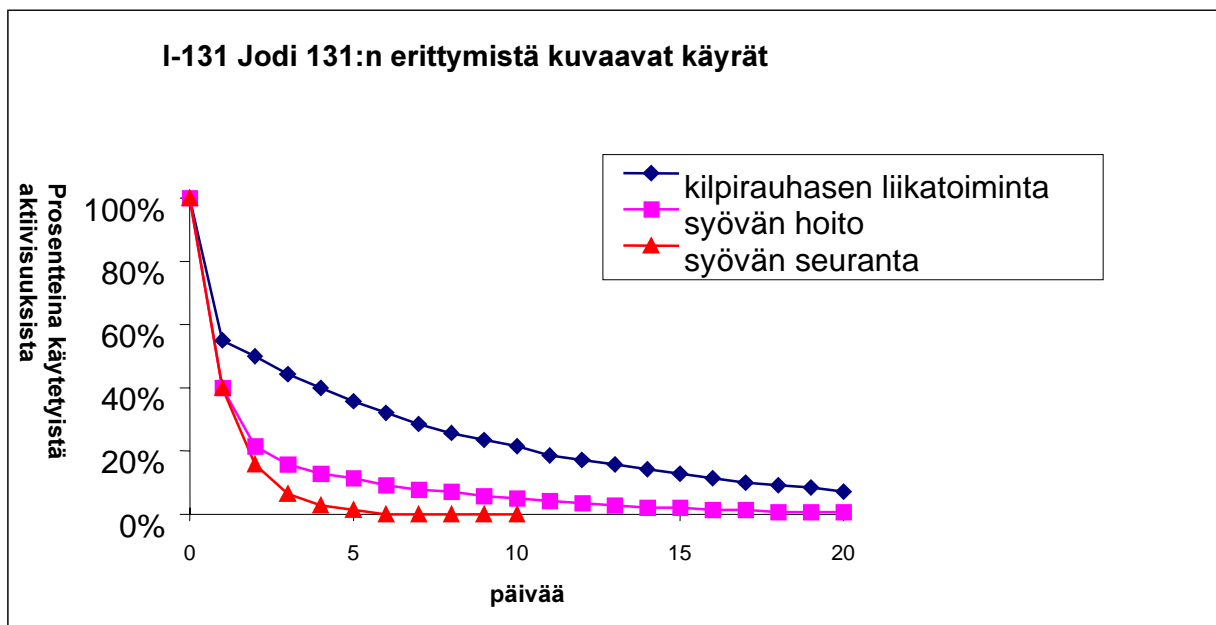
Koska elimistö ei tee eroa stabiilin ja radioaktiivisen jodin välillä, jodi 131 käyttäytyy samoin kuin stabiili jodi. Tämä tarkoittaa sitä, että suuri osa elimistöön tulleesta määrästä kerääntyy kilpirauhaseen 24–48 tunnin sisällä. Sinä aikana, kun radioaktiivinen jodi on elimistössä ja kiertää siellä, se säteilyttää kilpirauhaskudosta, mikä johtaa kilpirauhassyövässä kasvainsolujen kuolemaan tai hyvänlaatuisissa kilpirauhassairauksissa lukuisien tavallisten kilpirauhassolujen tuhoutumiseen.

Radioaktiivisen jodin fysikaalinen puoliintumisaika on noin 8 vuorokautta. Tämä merkitsee sitä, että puolet radioaktiivisesta jodista hajoaa 8 päivän aikana. Pääasiallinen hajoamistuote on ksenon 131, joka poistuu nopeasti elimistöstä. Lisäksi vaurioituneet kilpirauhassolut menettävät kykynsä muuntaa jodia orgaaniseksi aineeksi, jolloin jodi vapautuu takaisin verenkiertoon, mikä johtaa sen erittymiseen. Radioaktiivinen jodi poistuu näin elimistöstä kohtuullisen nopeasti joko radioaktiivisen hajoamisen tai aineenvaihdunnasta aiheutuvan erityksen avulla. Radioaktiivisen jodin kokonaismäärä vähenee puoleen alkuperäisestä arvostaan<sup>4</sup> nopeudella, joka riippuu sairaudesta: yhdessä vuorokaudessa kilpirauhassyövän ja kilpirauhasen poistoleikkauksen ollessa kyseessä ja seitsemässä vuorokaudessa eutyreoottisen struuman vuoksi hoidettavilla potilailla. Kilpirauhasen liikatoiminnassa efektiivinen puoliintumisaika on noin 4–5 vuorokautta.

Kuvasta II.1 näkyvät jodi 131:n erittymistä kuvaavat käyrät kilpirauhasen liikatoiminnassa, syövän hoidossa ja syövän seurannassa. Kuvassa näkyvät erot erittymisnopeudessa ja (siihen liittyvässä) jodin retentiossa kehossa 20 vuorokauden aikana hoidon jälkeen.

---

<sup>4</sup> Tätä kutsutaan efektiiviseksi puoliintumisajaksi. Se perustuu fysikaaliseen puoliintumisaikaan ja aineenvaihdunnasta riippuvaan biologiseen puoliintumisaikaan.



**Kuva II.1** Jodi 131:n erittymistä kuvaavat käyrät prosentteina kilpirauhasen liikatoiminnan ja syövän hoitoon sekä syövän seurantaan (etäpesäkkeet ja uusiutuminen) käytetyistä aktiivisuuksista [Hil91] ja [Bar96]

## II.2.1 Jodi 131 -hoito

Koska kilpirauhasen soluilla on kyky ottaa jodia, joitakin kilpirauhassairauksia voidaan hoitaa radioaktiivisella jodilla. Erityisesti kilpirauhasen liikatoimintaa ja kilpirauhassyöpää ja joissakin tapauksissa eutyreoottista struumaa hoidetaan tällä tavoin.

### II.2.1.1 Kilpirauhasen liikatoiminta

Kilpirauhasen liikatoiminnan hoitaminen jodi 131:llä perustuu siihen, että yliaktiiviset kilpirauhasen solut ottavat jodia ja näitä soluja voidaan vaurioittaa ja tuhota  $\beta$ -säteilyllä. Tämä johtaa toimivien kilpirauhassolujen määrän vähenemiseen ja näin ollen kilpirauhasen normaaliin tai jopa normaalia vähäisempään toimintaan. Tässä hoidossa jodi 131:tä annetaan tavallisesti alle 1 000 MBq:iä.

Yliaktiivinen kilpirauhanen ottaa jodia 50–70 prosenttia. Tämä riippuu liikatoiminnan tasosta ja elintarvikkeiden mukana saatavan jodin tavanomaisesta päivittäisestä määrästä. Kilpirauhashoidossa tarvittavan säteilyannoksen suuruus riippuu liikatoiminnan asteesta, ja se voi vaihdella suuresti.

Pienten jodi 131 -määrien toistuva antaminen (100 MBq) ei hyödytä potilasta ja voi johtaa siihen, että liikatoimintatilaa hoidetaan riittämättömästi. Iäkkäillä ihmisillä tätä on vältettävä, koska liiallisella kilpirauhashormonien määrällä voi olla haitallisia vaikutuksia sydän- ja verisuonijärjestelmään. Lisäksi hoidon jakaminen useisiin kerta-annoksiin merkitsee sitä, että kokonaisaktiivisuutta on lisättävä halutun vaikutuksen aikaansaamiseksi. Tämä aiheuttaa suurempia kumulatiivisia annoksia potilaalle sekä hänen perheenjäsenilleen ja lähipiirilleen. Fraktioitu hoito, jota käytetään joskus sairaalahoidon välttämiseksi, ei tämän vuoksi ole oikeutettua.

### II.2.1.2 Eutyreoottinen struuma

Jotkin struumat ovat eutyreoottisia, mikä tarkoittaa, että kilpirauhanen on suurentunut, vaikka sen toiminta on normaalia kliinisten ja biokemiallisten parametrien mukaan. Nämä struumat voivat kuitenkin syrjäyttää muita elimiä tai kudoksia kasvaneen kokonsa vuoksi. Yksi mahdollinen hoitomuoto on kilpirauhaskudoksen määrän pienentäminen radioaktiivisella jodilla. Kilpirauhasen

suuren koon vuoksi saatetaan kuitenkin tarvita suurta aktiivisuutta – jopa 3 000 MBq:iä jodi 131:tä. Jos hoito onnistuu, leikkausta ei tarvita.

### II.2.1.3 Kilpirauhassyöpä

Kilpirauhassyövässä ensimmäinen hoitovaihtoehto on leikkaus. Usein on kuitenkin vaikea poistaa koko syöpäkudos, ja etäpesäkkeitä voi muodostua. Tämän vuoksi leikkauksenkin jälkeen käytetään tavallisesti radioaktiivista jodia tuhoamaan jäljellä olevat syöpäsolut.

Kilpirauhassyöpäsolut menettävät osan kyvystään ottaa jodia, ja myös orgaaniseksi aineeksi muuntumisprosessi saattaa häiriytyä. Tämän seurauksena kilpirauhassyöpäsolujen kyky ottaa jodia on pienempi kuin normaalin kilpirauhaskudoksen. Joissakin jäsenvaltioissa annetaan sen jälkeen, kun kilpirauhassyöpäkudos on poistettu leikkauksella, aluksi radioaktiivista jodia noin 3 000 MBq jäljelle jääneen kilpirauhaskudoksen poistamiseksi. Mahdollisten etäpesäkkeiden hoitamiseen tarvitaan huomattavasti suurempi annos jodi 131:tä (8 000 MBq). Jos leikkauksen jälkeen ei ole lainkaan jäljellä normaalia kudosta mutta etäpesäkkeitä on syntynyt, suurempia annoksia annetaan välittömästi. Hoidon uusiminen saattaa olla tarpeen molemmissa tapauksissa.

Koska leikkauksen jälkeen on jäljellä ainoastaan pieni osa kilpirauhaskudosta ja sen kyky ottaa jodia on häiriintynyt, kilpirauhanen ottaa ainoastaan pienen osan annetusta radioaktiivisesta jodista. Tapauksissa, joissa jodi ei kerääntynyt kilpirauhaseen tai kasvainkudokseen, tavallisesti noin 80 prosenttia annetusta aktiivisuudesta erittyy 48 tunnin kuluessa (ks. kuva II.1). Jos kilpirauhassyövän hoitoon annettu annos on 5 000 MBq, potilaassa jäljellä oleva aktiivisuus on alle 1 000 MBq 48 tunnin ja vastaavasti 750 MBq 72 tunnin jälkeen. Syöpäpotilailla, joilla on suuria etäpesäkkeitä, erittyminen kestää paljon kauemmin.

## II.3 Perheenjäsenten, lähipiirin ja muiden ihmisten saamat annokset

Jos kotiin palaavan potilaan (jäljellä oleva) aktiivisuus on 400 MBq tai vähemmän jodi 131:tä, perheenjäsenten ja lähipiirin saamat annokset ovat lähes aina alle 1 mSv, mikäli he noudattavat huolellisesti heille annettuja ohjeita (ks. luku 5).

Voidaan erottaa seitsemän keskeistä altistustietä, joiden kautta perheenjäsenet ja lähipiiri (lääketieteellinen altistus) ja muut, esimerkiksi taksinkuljettajat, työtoverit, ohikulkijat jne. (väestön altistus), voivat altistua:

- 1 potilaan lähellä olevien ihmisten ulkoinen säteilyaltistus
- 2 potilaan lähellä olevien ihmisten sisäinen kontaminaatio, joka aiheutuu potilaan uloshengittämän jodi 131:n sisäänhengittämisestä
- 3 potilaan lähellä olevien ihmisten sisäinen kontaminaatio, joka aiheutuu potilaan erittämästä jodi 131:stä suoran kontaktin, sisäänhengityksen tai ruoansulatuskanavan kautta
- 4 muiden ihmisten sisäinen kontaminaatio, joka aiheutuu viemäriverkkoon tai pintaveteen suoraan päästetystä radioaktiivisesta jodista
- 5 muiden ihmisten ulkoinen säteilyaltistus hätätilanteessa, esimerkkinä kiireelliset leikkaukset tai potilaan kiireellinen hoito
- 6 muiden ihmisten sisäinen kontaminaatio polttohaudatusta ruumiista peräisin olevan tuhkan välityksellä

- 7 muiden ihmisten ulkoinen säteilyaltistus, kun tehdään ruumiinavaus tai vainajan ruumista käsitellään, haudataan tai polttohaudataan.

Ensimmäisestä ja seitsemännestä altistustiestä voi aiheutua suhteellisen suuria annoksia. Toista altistustietä ei aina tunnisteta, mutta sen kautta voi aiheutua huomattava annos sekä potilaan välittömässä läheisyydessä että samassa huoneessa oleville ihmisille. Hyvä tuuletus auttaa tällaisessa tapauksessa. Normaaliolosuhteissa, jos potilas ei kärsi pidätyskyvyttömyydestä ja osaa virtsata roiskuttamatta, kolmannen altistustien kautta aiheutuvat annokset ovat noin sadasosa ensimmäisen tai seitsemännen altistustien kautta saaduista annoksista. Muussa tapauksessa tämän altistustien kautta aiheutuvista annoksista on syytä huolestua. Koska jodi 131:n fysikaalinen puoliintumisaika on 8 päivää, neljäs altistustie on merkityksetön. Koska viidennen altistustien kautta saattaa aiheutua suhteellisen suuri annos, tällaisessa tilanteessa olisi kysyttävä neuvoa vastaavalta säteilysuojeluasiantuntijalta. Kuudennen altistustien kautta ei aiheudu merkittävää annosta, koska lähes kaikki jodi leviää ilman mukana. Polttohaudasta ei ole syytä kieltää.

Useimmissa olosuhteissa suora ulkoinen säteily potilaasta ja jodi 131:n uloshengittäminen saattavat aiheuttaa merkittäviä annoksia muille ihmisille. Näitä altistusteitä olisi ehkäistävä, vähennettävä ja mahdollisuuksien mukaan valvottava.

Jodin saannista elimistöön aiheutuvien annosten laskemisessa voidaan käyttää taulukossa II.1 esitettyjä annosmuuntokertoimia.

**Taulukko II.1** IRCP:n julkaisuun 72 perustuvat annosmuuntokertoimet (Sv/Bq) hengitysteitse ja suun kautta nautittuna [ICR96]

Ikäryhmä		Hengitysteitse [Sv/Bq]	Suun kautta nautittuna [Sv/Bq]
< 1	vuosi	$7,2 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-7}$
1 – 2	vuotta	$7,2 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-7}$
2 – 7	vuotta	$3,7 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-7}$
7 – 12	vuotta	$1,9 \times 10^{-8}$	$5,2 \times 10^{-8}$
12 – 17	vuotta	$1,1 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-8}$
Aikuiset		$7,4 \times 10^{-9}$	$2,2 \times 10^{-8}$

Taulukossa II.2 annetaan joitakin likimääräisiä muunnoksia jodi 131:tä saaneista potilaista lähtevälle säteilylle altistuvien henkilöiden kumulatiivisen ulkoisen efektiivisen maksimiannoksen osalta. Maksimiannos kertyy sinä aikana, joka alkaa siitä, kun potilas on päästetty sairaalasta ja päättyy, kun radioaktiivinen jodi on hajonnut kokonaan. Maksimiarvossa on oletuksena, että altistuva henkilö on koko ajan öin ja päivin vastatusten potilaan kanssa metrin päässä hänestä. Näin ei tavallisesti koskaan tapahdu.



**Taulukko II.2** Muille ihmisille aiheutuva kumulatiivinen ulkoinen efektiivinen maksimiannos [mSv] \* yhden metrin päässä jodilla hoidetusta potilaasta potilaan kehossa olevan jodin efektiivisen puoliintumisajan mukaan. Maksimiarvossa oletuksena on, että altistuva henkilö on koko ajan öin ja päivin vastatusten potilaan kanssa metrin päässä hänestä.

Efektiivinen annosnopeus metrin päässä *** [ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ]	Arvioitu (jäljellä oleva) aktiivisuus elimistössä** [MBq]	Muille ihmisille aiheutuva kumulatiivinen ulkoinen efektiivinen maksimiannos potilaan elimistössä jäljellä olevan jodi 131:n efektiivisen puoliintumisajan mukaan		
		50 h mSv	100 h mSv	150 h MSv
10	200	0,7	1,5	2,3
20	400	1,5	3,0	4,5
40	800	3,0	6,1	9,0

\* Lasten vastaavat AP-arvot ovat noin 1,1 kertaa korkeammat (ICRP 74) [ICR96].

\*\* Tämä voi tarkoittaa joko avohoitopotilaalle annettua aktiivisuutta tai sairaalassa hoidetussa potilaassa jäljellä olevaa aktiivisuutta sairaalasta kotiutettaessa. Ensimmäisessä tapauksessa on kaksi erittymisvaihetta, joilla on erilaiset efektiiviset puoliintumisajat.

\*\*\* Joissakin mittauksissa mitataan kermanopeus ilmassa  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ . Tässä kermanopeuden voidaan olettaa olevan sama kuin efektiivisen annosnopeuden.

Potilasta lähellä olevat ihmiset voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: perheenjäseniin ja lähipiiriin sekä muihin ihmisiin. Perhe ja lähipiiri, vieraat mukaan luettuna, voidaan jakaa edelleen kuuteen ryhmään: raskaana oleviin naisiin, alle 2-vuotiaisiin lapsiin, 3–10-vuotiaisiin lapsiin, aviopuolisoihin, yli 60-vuotiaisiin aviopuolisoihin sekä muihin ihmisiin.

Nämä ryhmät on valittu, koska (i) syntymättömille lapsille ja alle 10-vuotiaille lapsille kehittyä säteilyn seurauksena herkemmin syöpä, (ii) alle 2-vuotiaat lapset ovat usein muita enemmän läheisessä fyysisessä kosketuksessa vanhempiinsa ja (iii) yli 60-vuotiaille ihmisille kehittyä muita epätodennäköisemmin ionisoivasta säteilystä aiheutuva syöpä. Nämä erot ovat erityisen tärkeitä pohdittaessa ohjeita siitä, miten käyttäytymistä olisi muutettava.

### II.3.1 Perheenjäsenten ja lähipiirin annosarviot

#### II.3.1.1 Kilpirauhasen liikatoiminnan hoito

Kirjallisuudessa annetaan kilpirauhasen liikatoiminnan vuoksi hoidettuja potilaita lähellä oleville ihmisille arvioidut maksimi- ja minimiannokset sekä keskimääräiset annokset, jotka perustuvat mittauksiin tai laskelmiin (Bertil Arvidsson [Arv96], Thomson ja Harding [Tho95]) ja ODoherty [ODO94].

Liitteen IV taulukosta IV.1 näkyy, että yleisesti kehossa jäljellä olevasta aktiivisuudesta aiheutuvat annokset (sarake D) ovat noin kaksi kertaa suuremmat kuin annokset, jotka aiheutuvat samasta määrästä vastikään annettua radioaktiivista ainetta (sarake B). Liitteen IV taulukossa IV.2 annetaan muita tietoja samoista kirjallisuuslähteistä. Tässä kirjasessa taulukossa esitetyt annokset vastaavat potilaan kehossa sairaalasta kotiutettaessa 400 MBq:n jäljellä olevaa aktiivisuutta. Avohoitopotilaiden osalta annettu aktiivisuus on muunneltu vastaamaan 400 MBq:n jäljellä olevaa aktiivisuutta käyttämällä kerrointa 2 taulukon IV.1 perusteella.

Edellä mainittujen määrien perusteella voidaan tehdä seuraavat päätelmät:

- jos mitään rajoituksia ei ole noudatettu (kuten pysyttelyä etäällä potilaasta), annokset vaihtelevat 20 mSv:istä huomattavasti alle 1 mSv:iin
- jos ihmiset noudattavat ehdotettuja ohjeita, annokset ylittävät harvoin arvoa 1 mSv koko sairaalasta päästämistä seuraavana aikana.

### *II.3.1.2 Kilpirauhassyövän hoito*

Eri jäsenvaltioissa aktiivisuustasot kotiutettaessa perustuvat potilaassa jäljellä olevaan aktiivisuuteen, joka arvioidaan ilmakermanopeuden avulla. Kilpirauhassyövän hoidon jälkeen kotiuttamisvaiheen tasot ovat 5–40  $\mu\text{Sv/h}$  metrin päässä mistä tahansa kohtaa kehoa (ks. luku 5). Tämän hoidon osalta ei ole kirjallisuudessa esitetty mittauksia kotona oleville henkilöille aiheutuvista annoksista potilaan sairaalasta päästämisen jälkeen. Perheenjäsenille ja lähipiirille lasketut annokset riippuvat käytetystä menetelmästä ja käyttäytymistä koskevista oletuksista. Beekhuis et al [Bee92] laskivat, että kun potilaan kehossa on kotiutettaessa aktiivisuutta jäljellä 400 MBq, potilaasta alle metrin päässä oleva henkilö saattaa saada yhteensä 5 mSv:in annoksen. Tämä annos pienenee vähintään 5–10-kertaisesti lasten ja muiden ihmisten osalta, jos oletuksena on realistisempi käyttäytymismalli.

Kilpirauhassyövän vuoksi sairaalassa hoidetun potilaan kehossa jäljellä olevasta aktiivisuudesta sairaalasta pääsyn jälkeen muille ihmisille aiheutuvat annokset eivät välttämättä vastaa kilpirauhasen liikatoiminnan vuoksi avohoidossa hoidetun potilaan saamasta yhtä suuresta aktiivisuudesta aiheutuvia annoksia. Tämä selittyy sillä, että edellisessä tapauksessa nopea erittymisvaihe on ohi ennen kuin potilas lähtee sairaalasta ja että hitaan vaiheen erittymisnopeudet eroavat toisistaan (ks. kuva II.1).

### **III. JODI 131 -HOITON LIITTYVÄ ANNOSMITTAUS**

#### **III.1 Muiden altistuminen potilaan kehossa olevasta jodi 131:stä peräisin olevalle läpätunkevalle säteilylle**

Potilaan kehosta peräisin olevasta jodi 131:stä lähtevät, läpätunkevat gammasäteet voivat aiheuttaa potilasta lähellä oleville henkilöille ulkoista altistusta. Ulkoinen annosnopeus voidaan määrittää käyttämällä ionisaatiokammiota ja muuntamalla lukema ekvivalenttiannosnopeudeksi tiettyinä ajankohtana. Mitatuksi annosnopeudeksi otetaan tavallisesti suurin lukema suurimman kertymän kohdalta. Kilpirauhasen liikatoiminnasta kärsivillä potilailla suurin lukema saadaan kilpirauhasesta, mutta kilpirauhasen etäpesäkkeiden vuoksi hoidettavilla potilailla mittausta kohta voi olla muualla kehossa.

Jos mittaaminen ei ole mahdollista, ulkoisen annosnopeuden yläraja voidaan arvioida potilaassa tietyllä hetkellä oletettavasti jäljellä olevasta aktiivisuudesta käyttämällä jodi 131 -pistelähteen annosnopeusvakiota  $66 \text{ m}^2 \mu\text{Sv h}^{-1} \text{GBq}^{-1}$ . Tämä vakio antaa vapaan annoskvivalentin yhden metrin päässä 1 GBq:n jodi 131 -pistelähteestä. Käytännössä pistelähteestä laskettu arvo on korkeampi kuin todellinen arvo, koska lähde on laajemmalle levinnyt ja potilaassa tapahtuu jonkin verran säteilyn vaimenemista. Vapaalla annoskvivalentilla voidaan arvioida efektiivistä annosta useissa eri olosuhteissa.

#### **III.2 Potilaan absorboituneet annokset**

Potilaan absorboitunut annos riippuu annetun radionuklidin aktiivisuudesta, sen fysikaalisista ominaisuuksista (esim. säteilylajista ja energiasta sekä fysikaalisesta puoliintumisajasta) ja sen kemiallisista ominaisuuksista samoin kuin potilaan patologisesta tilasta (joka määrää radioaktiivisen aineen jakaantumisen ja pidättymisen kehossa).

#### **III.3 Elinten absorboituneet annokset**

Jodi 131 lähettää sekä beetahiukkasia että gammasäteitä jokaisessa hajoamisessa. Beetahiukkasten tunkeutumiskyky on heikko, ja ne luovuttavat energiansa ihmiskudoksessa suhteellisen lyhyellä matkalla. Gammasäteet ovat epäsuorasti ionisoivia ja läpätunkevampia, mutta muodostuneiden sekundäärielektronien kulkema matka, jolloin energia absorboituu, on lyhyt. Nämä energiakertymät aiheuttavat absorboituneita annoksia elimille, joissa radionuklidi on, ja muille näitä lähellä sijaitseville elimille potilaan kehossa.

Vaikka ei ole mahdollista määrittää tarkasti avolähteistä saadun sisäisen annoksen suuruutta ja jakaamaa, kokeellisten ja laskettujen absorboituneiden annosten vertailut ovat osoittaneet vastaavuuden olevan 20–60 prosenttia, mikä riittää ainakin säteilysuojelutarkoituksiin (ICRP 53) [ICR87].

Taulukossa III.1 on annettu esimerkki jodi 131:tä natriumjodidina (NaI) saaneiden potilaiden eri elimille aiheutuvasta absorboituneesta annoksesta. Oletuksena on ollut verrattain yksinkertainen malli, jossa on käytetty kilpirauhaseen kertyneen jodin prosenttiosuudelle kahta eri arvoa [ICRP 53]. Taulukossa on lihavoidulla tekstillä kilpirauhasen absorboitunut annos aktiivisuusyksikköä kohti. Taulukon II.2 mukaan kilpirauhasen annos aikuiselle liikatoimintahoidossa olevalle potilaalle olisi noin 300 Gy, kun oletetaan, että 20 g:n painoiseen kilpirauhaseen kertyy 55 prosenttia annetusta aktiivisuudesta (400 MBq). Annos on todellisuudessa hieman pienempi kuin tämä arvo, jos otetaan huomioon, että kilpirauhasen liikatoiminnasta kärsivillä potilailla efektiivinen puoliintumisaika on hieman lyhentynyt.

**Taulukko III.1** Normaalin aikuisen eri elimille aiheutuvien absorboituneiden annosten riippuvuus jodin otosta. Kilpirauhasen paino on 20 g, ja I-131 annetaan natriumjodidina. Käytetty yksikkö mGy/MBq. [ICRP 53] (ICR87)

Elin	Otto kilpirauhaseen 15 %	Otto kilpirauhaseen 55 %
Virtsarakon seinämä	5.2E-01	2.9E-01
Rinta	4.3E-02	9.1E-02
Mahalaukun seinämä	4.6E-01	4.6E-01
Ohutsuoli	2.8E-01	2.8E-01
Keuhkot	5.3E-02	1.3E-01
Munasarjat	4.3E-02	4.1E-02
Punainen luuydin	5.4E-02	1.2E-01
Kivekset	2.8E-02	2.6E-02
<b>Kilpirauhanen</b>	<b>2.1E+02</b>	<b>7.9E+02</b>

#### **IV. KILPIRAUHASEN LIIKATOIMINTAAN HOITOA SAANEIDEN POTILAIDEN LÄHELLÄ OLEVIENTEN IHMISTEN LASKETUT JA MITATUT ANNOKSET**

Kirjallisuudessa annetaan kilpirauhasen liikatoiminnan vuoksi hoidettuja potilaita lähellä olevien ihmisten maksimi- ja minimiannokset sekä arvioidut keskimääräiset annokset, jotka on saatu mittausten tai laskelmien perusteella (Bertil Arvidsson [*Arv96*], Thomson ja Harding [*Tho95*]) ja ODoherty [*ODo94*].

Taulukosta IV.1 näkyy, että yleensä jäljellä olevasta aktiivisuudesta aiheutuvat annokset (sarake D) ovat noin kaksi kertaa suuremmat kuin ne annokset, jotka aiheutuvat samasta määrästä vastikään annettua radioaktiivista ainetta (sarake B). Taulukossa IV.2 annetaan muita tietoja, jotka ovat peräisin samoista kirjallisuuslähteistä. Tässä kirjassessa taulukossa esitetyt annokset vastaavat potilaan kehossa sairaalasta kotiutettaessa 400 MBq:n jäljellä olevaa aktiivisuutta, ja avohoitopotilaiden osalta annettu annos on muunnettu vastaamaan 400 MBq:n jäljellä olevaa aktiivisuutta käyttäen kerrointa 2. On huomattava, että annokset ovat vain likimääräisiä, koska ne riippuvat jodin otosta ja retentiosta.

Taulukosta IV.2 näkyy, että sarakkeen A mediaaniarvot (vähäisiä rajoituksia) ovat suunnilleen samat kuin sarakkeen D keskimääräiset arvot (huomattavia rajoituksia). Sarakkeen B maksimiarvot (vähäisiä rajoituksia) ovat myös lähellä sarakkeessa E esitettyjä laskettuja maksimiarvoja (ei mitään rajoituksia).

Vähäisiin rajoituksiin perustuvat mitatut mediaaniarvot ovat todennäköisesti seurausta ihmisten "normaalista" käyttäytymisestä. Sarakkeesta B kuitenkin näkyy, että tietty käyttäytyminen saattaa aiheuttaa huomattavasti suurempia arvoja.

Tämän vuoksi ohjeiden olisi perustuttava sarakkeissa B ja E esitettyihin maksimiarvoihin.

**Taulukko IV.1** Hoidossa annetusta (sarakkeet A, B) tai jäljellä olevasta aktiivisuudesta (sarakkeet C, D) (400 MBq) aiheutuvat kokonaisannokset, jotka on ekstrapoloitu yhden viikon mittauksista äärettömyyteen asti. Potilaille kerrottiin tärkeimmät varotoimet, joita olisi noudatettava. Kaikki arvot on pyöristetty ja vastaavat hoidossa annettua tai sairaalasta päästöhetkellä jäljellä olevaa aktiivisuutta (400 MBq).  
(Bertil Arvidsson [Arv96])

1 viikon mittauksista ekstrapoloitut annokset					
Huomattavia rajoituksia yhden viikon ajan [Arv96]					
[mSv]					
		<b>Hoidossa annettu</b> aktiivisuus 400 MBq		<b>Jäljellä oleva</b> aktiivisuus 400 MBq	
		Vaihteluväli	Mediaani	Vaihteluväli	Mediaani
Altistuneet ihmiset		A	B	C	D
Pikkulapset	0–2 v	0,6 - 0,9	0,7	0,8 - 1,6	1,3
Lapset	3–10 v	0,1 - 1,5	0,3	0,2 - 4,9	0,6
Puoliso	< 60 v	0,3 - 3,1	0,7	0,7 - 5,6	1,4
	60 v	1,4 - 1,5	1,4	2,0 - 3,1	2,5
Muut aikuiset		0,2 - 0,5	0,3	0,4 - 1,0	0,6

**Taulukko IV.2** Jodi 131 -hoidosta aiheutuvat mitatut ja lasketut kokonaisannokset, jotka vastaavat jäljellä olevaa aktiivisuutta (400 MBq) (sarakkeet D ja E). Annokset on ekstrapoloitu 2 kuukauden tai 1 viikon mittaustuloksista tai laskettu äärettömyyteen asti. Kaikki arvot on pyöristetty, ja ne perustuvat mainittuihin lähteisiin. Kaikki arvot on pyöristetty ja vastaavat hoidossa annettua tai sairaalasta päästötetkellä jäljellä olevaa aktiivisuutta (400 MBq).  
(Thomson ja Harding [Tho95], O'Doherty [ODo94] ja Bertil Arvidsson [Arv96])

		Mediaani / maksimiannokset <b>ekstrapoloitu</b> enintään 2 kuukauden mittauksista [Tho95]		1 viikon mittauksista <b>ekstrapoloit</b> annokset <sup>b</sup> [Arv96]	Annokset <b>laskettu</b> äärettömyyteen asti [ODo94]	
		<b>Vähäisiä rajoituksia noudatettu</b> <sup>d</sup> perustuvat jäljellä olevaan aktiivisuuteen (400 MBq) [oletuksena 50 %:in retentio] [mSv]		<b>Huomattavia rajoituksia noudatettu</b> yhden viikon ajan Jäljellä oleva aktiivisuus (400 MBq) [mSv]	<b>Ei ole noudatettu mitään rajoituksia</b> perustuvat jäljellä olevaan aktiivisuuteen (400 MBq) <sup>a</sup> [mSv]	
		Mediaani	Maksimi <sup>e</sup>	Vaihteluväli	Mediaani	
Altistuneet ihmiset		A	B	C	D	E
Pikkulapset	0–2 v	2	20	0,8 - 1,6	1,3	20 <sup>c</sup>
Lapset	3–10 v	1,0	8	0,2 - 4,9	0,6	6-11.5
Puoliso	< 60 v	8	24	0,7 - 5,6	1,4	18,5
	60 v			2,0 - 3,1	2,5	
Muut aikuiset		2	6	0,4 - 1,0	0,6	2,2

Huomautukset ks. seuraava sivu

## Huomautukset taulukkoon IV.2

- a Hoidossa annetun 600 MBq:n kokonaisaktiivisuuden, josta pidättyy 66 prosenttia, katsotaan tätä tarkoitusta varten vastaavan 400 MBq:in jäljellä olevaa aktiivisuutta.
- b Jos rajoituksia jatketaan, kunnes elimistöstä on hävinnyt kaikki aktiivisuus, luvut eivät muutu huomattavasti muiden kuin pikkulasten osalta (mediaani 0,4 mSv).
- c Pulloruokinnassa olevalle pikkulapselle "hoitokauden" aikana kertyvä arvioitu annos on 5–7 mSv, kun hoidossa annettu aktiivisuus on noin 800 MBq, edellyttäen, että kunkin vuorokauden aikana ollaan 5 tuntia läheisessä kanssakäymisessä.
- d Annettiin yleiset ohjeet. Tuloksena oli normaali käyttäytyminen, kuitenkin ohjeiden noudattaminen oli satunnaista.
- e Maksimiarvo tarkoittaa sitä, että arvo saattaa olla vaihteluvälin ulkopuolella.



## ***Lähdeluettelo***

- Arv96 Arvidsson Bertil; *Measurements of individual doses to persons living with patients treated with radioactive iodine, Sahlgrenska Hospital, Gothenburg*, Preliminary report EN/11/95/-505 10000.P00 (SV)
- Bar96 Barrington SF, Kettle AC, O'Doherty MJ, Wells OP, Domer EJR, Coakley AJ. *Radiation dose rates from patients receiving iodine-131 therapy for carcinoma of the thyroid*. Eur. J. Nucl. Med. 1996; **23**: 123-130
- Bee92 Beekhuis H, Broerse J, Claessens R, Delhez H, Noteboom J, V Rotterdam R, Zoetelief J. *Stralingsbelasting van leden van de bevolking als gevolg van medische toepassing van radiofarmaca: consequenties voor ontslagcriteria*. Publicatiereeks stralenbescherming Ministerie VROM, nr 1992/55, 1992
- ETA95 ETACRT (European Thyroid Association's Committee on radioiodine therapy in Thyrotoxicosis) 1995  
*Number of days for which thyrotoxicosis out-patients should take special precautions, according to the activity of radioiodine administration*
- Hil91 Hilditch TE, Connell JMC, Davies DL, Watson WS, Alexander WD. *Radiological Protection guidance for radioactive patients - new data for therapeutical I-131*, Nucl. Med Comm. 1991; **12**: 485-495
- ICR87 International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 53, *Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals*, Annals of the ICRP, 18, 1-4 (1987)
- ICR91 ....., ICRP Publication 60, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Annals of the ICRP, 21, 1-3 (1991)
- ICR96 ....., Publication 72, *Age-dependent Doses to members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients*; Annals of the ICRP, 26 1 (1996)
- ICR96 ....., ICRP Publication 74, *Conversion Coefficients for use in radiological protection against external radiation*, Annals of the ICRP, (in press) (1997)
- MIR75 MIRD-10, *Radionuclide decay schemes and nuclear parameters for use in radiation dose estimation*, MIRD Pamphlet No 10, (1975), Society of Nuclear medicine, New York.
- Laz95 *Guidelines for the use of radioiodine in the management of hyperthyroidism*. Radioiodine Audit Subcommittee and the Research Unit of the Royal College of Physicians, summary by John H Lazarus. J Royal Coll Phys 1995; **29**: 464-469
- ODo93 O'Doherty MJ, Kettle AG, Eustance CNP, Mountford PJ, Coakley AJ; *Radiation Dose rates from adult patients receiving I-131 therapy for thyrotoxicosis*. Nucl Med Commun 1993; **14**: 160-168
- Tho95 Thomson WH and Harding LK; *Radiation protection issues associated with nuclear medicine out-patients*, Nucl Med Commun 1995, **16**: 879-892

## TIIVISTELMÄ

Perusnormeja koskevassa direktiivissä (96/29/EURATOM) ja lääketieteellistä säteilyaltistusta koskevassa direktiivissä (97/43/EURATOM) esitetään vaatimuksia sellaisten henkilöiden suojelemiseksi, jotka altistuvat lääketieteellisistä toimenpiteistä aiheutuvalle säteilylle auttaessaan potilaita muuten kuin ammattinsa puitteissa. Tässä oppaassa käsitellään jodi 131 -hoitoa. Oppaassa annetaan tietoja jodi 131:n fysikaalisista ominaisuuksista ja sen vaikutuksista ihmisiin ja esitetään miten voidaan suunnitella annosrajoituksia, joita on asetettava perheelle ja lähipiirille sekä muille ihmisille. Opas sisältää myös lukuisia olennaisia seikkoja, jotka lääkärien on otettava huomioon hoitaessaan potilaita jodi 131:llä, ja annetaan käytännön esimerkkejä siitä, miten potilaita ja heidän perheitään ja ystäviään voidaan opastaa toimimaan oikein. Neljässä liitteessä annetaan yksityiskohtaisempia tietoja itse tekstissä käsitellyistä aiheista.