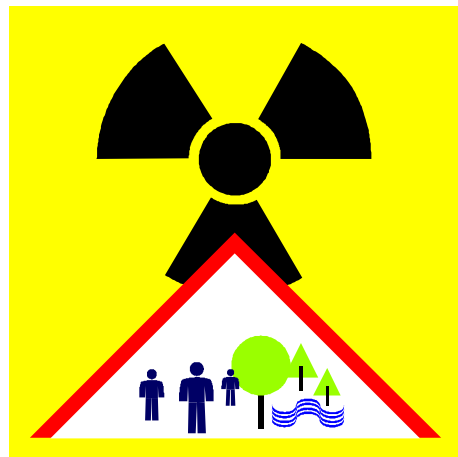


Stralingsbescherming 97



**Stralingsbescherming na
jodium-131-therapie
(blootstellingen door
poliklinische patiënten of
ontslagen klinische patiënten)**



Europese Commissie

Europese Commissie

Stralingsbescherming 97

**STRALINGSBESCHERMING NA
JODIUM-131-THERAPIE**

(Blootstellingen door poliklinische patiënten of ontslagen klinische patiënten)

1998

Directoraat-generaal
Milieuzaken, nucleaire veiligheid
en civiele bescherming

Inhoud

blz.

<i>VOORWOORD</i>	<i>IV</i>
1. INLEIDING.....	5
2. EFFECTEN VAN ¹³¹ I-THERAPIE.....	7
2.1 Mechanisme van ¹³¹ I-therapie	7
2.2 Doses voor anderen	8
3. DOSISBEPERKINGEN.....	9
3.1 Dosisbeperkingen voor jodium-131-behandeling	9
4. BEHANDELING VAN POLIKLINISCHE PATIËNTEN EN ONTSLAG VAN KLINISCHE PATIËNTEN	11
4.1 Zwangerschap.....	11
4.2 Dosismetingen	11
4.3 Instructies	12
4.4 Toestand van de patiënt.....	12
4.5 Situatie thuis.....	12
4.6 Bijzondere omstandigheden	12
4.7 Overlijden van de patiënt	12
5. RICHTSNOEREN VOOR MEDISCHE DESKUNDIGEN BETREFFENDE HET INSTRUEREN VAN ONTSLAGEN KLINISCHE PATIËNTEN EN POLIKLINISCHE PATIËNTEN	14
I. VOORBEELDEN VAN SCHRIFTELIJKE INSTRUCTIES TEN BEHOEVE VAN PATIËNTEN OF HUN WETTELIJKE VOOGDEN VOOR HET VERLATEN VAN HET ZIEKENHUIS OF DE KLINIEK NA EEN BEHANDELING MET JODIUM-131.....	18
II. ACHTERGRONDINFORMATIE OVER ¹³¹ I-RADIOTHERAPIE	21
III. DOSIMETRISCHE ASPECTEN VAN ¹³¹ I-THERAPIE	28
IV. BEREKENDE EN GEMETEN DOSES VOOR PERSONEN IN DE OMGEVING VAN HYPERTHYREOÏDIEPATIËNTEN	30

Voorwoord

De werkzaamheden van de Europese Commissie op het gebied van stralingsbescherming worden geregeld door het Euratom-verdrag en de daarop gebaseerde toepassingsrichtlijnen van de Raad.

De belangrijkste daarvan is de Basisnormenrichtlijn inzake de bescherming van blootgestelde werkers en de bevolking (80/836/Euratom), die in 1996 is herzien (96/29/Euratom).

In 1984 heeft de Raad van Ministers ter aanvulling van de Basisnormenrichtlijn een richtlijn vastgesteld betreffende de bescherming van personen die medische blootstelling ondergaan (84/466/Euratom). Deze richtlijn, die in 1997 is herzien, wordt de Richtlijn medische blootstelling genoemd (97/43/Euratom). De Richtlijn medische blootstelling moet uiterlijk 13 mei 2000 in nationale wetgeving zijn omgezet.

Volgens artikel 6, lid 4, onder b, van de Basisnormenrichtlijn zijn de dosislimieten niet van toepassing op de blootstelling van personen ten gevolge van een medische diagnose of behandeling die zij zelf ondergaan en van personen die willens en wetens (doch niet beroepshalve) hulp en bijstand verlenen aan patiënten die een medische diagnose of behandeling ondergaan.

Rechtvaardiging en optimalisatie van dit soort blootstellingen is dus nog belangrijker dan voor andere vormen van blootstelling het geval is.

In de context van optimalisatie dienen voor deze groep dosisbeperkingen worden vastgesteld (artikel 7, lid 2).

Deze brochure is bedoeld om richtsnoeren te geven voor de beoordeling van dosisbeperkingen in geval van behandeling met radioactief jodium (^{131}I) en voor het opstellen van instructies die artsen aan patiënten of hun wettelijke voogden kunnen uitreiken om de blootstelling van familie en vrienden te beperken.

De brochure is samengesteld met hulp van de groep van deskundigen op het gebied van de gezondheid uit hoofde van artikel 31 van het Euratom-verdrag.

Deze richtsnoeren zijn niet bindend voor de lidstaten en hun toepassingsgebied is per definitie beperkt. In geen geval zijn zij bedoeld als uitputtend wetenschappelijk rapport over alle mogelijke ziekten en behandelingsmethoden met jodium-131. Zij maken deel uit van een reeks technische handleidingen, opgesteld om de tenuitvoerlegging van de Richtlijn medische blootstelling te vergemakkelijken.

Het document is als volgt ingedeeld:

Na een algemene inleiding met achtergrondinformatie volgt een hoofdstuk over de effecten van ^{131}I -therapie. Hoofdstuk 3 beschrijft manieren om tot dosisbeperkingen te komen en hoofdstuk 4 een aantal zaken die in aanmerking genomen moeten worden bij de poliklinische behandeling van patiënten met ^{131}I en bij het ontslag van patiënten na klinische behandeling daarmee. Hoofdstuk 5 tenslotte bevat adviezen voor medische deskundigen over de wijze waarop zij met ^{131}I behandelde patiënten moeten instrueren en informeren. Er zijn vier bijlagen opgenomen met praktische of meer gedetailleerde informatie. Hiernaar wordt in de voorafgaande hoofdstukken verwezen.

Ik hoop dat deze handleiding van nut zal zijn voor de bevoegde autoriteiten in de lidstaten, medische deskundigen (specialisten nucleaire geneeskunde), medisch-fysische deskundigen (klinisch fysici) en iedereen die direct of indirect bij behandelingen met jodium-131 betrokken wordt.

Suzanne Frigren

Directeur Nucleaire veiligheid en civiele
bescherming

1. INLEIDING

De Basisnormenrichtlijn (96/29/Euratom) bepaalt dat dosislimieten voor leden van de bevolking niet van toepassing zijn op blootstellingen van personen die willens en wetens (doch niet beroepshalve) hulp en bijstand verlenen aan klinische of poliklinische patiënten die een medische diagnose of behandeling ondergaan (artikel 6, lid 4, onder b). Andere basisbeginselen, zoals rechtvaardiging van handelingen en optimalisatie van de stralingsbescherming zijn op hen wel van toepassing.

Een van de meest voorkomende toepassingen in de geneeskunde die aanleiding geeft tot blootstelling van familie, vrienden en anderen (in de wetgeving “derden” genoemd), is de behandeling van schildklierandoeningen met radioactief jodium.

Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen de behandeling met ^{131}I van schildklierkanker en van andere ziekten, zoals hyperthyreoïdie.

In het eerste geval is het meestal niet gerechtvaardigd om patiënten direct na de toediening van de radionuclide naar huis te laten gaan, omdat zowel de uitscheidingsproducten als de uitwendige straling (de patiënt is een stralingsbron) gedurende enkele dagen aanleiding zullen geven tot hoge doses voor anderen die met de patiënt in contact komen. Ook heeft de patiënt deze eerste tijd doorgaans nog medische zorg nodig. Na twee of drie dagen echter zal de restactiviteit in de patiënt zo laag zijn dat die uit het ziekenhuis kan worden ontslagen.

In het tweede geval moet de blootstelling van familie en anderen die aan de blootstelling geen rechtstreeks voordeel voor hun gezondheid ontnemen, op grond van sociale, economische en psychologische redenen gerechtvaardigd worden, waarbij deze aspecten moeten worden afgewogen tegen de risico's die deze personen als gevolg van de blootstelling lopen.

Hier volgen enkele voorbeelden:

Sommige patiënten kunnen slecht tegen de isolatie in een speciaal beschermde ruimte in het ziekenhuis, terwijl anderen deze ontwrichting van hun gezinsleven onaanvaardbaar vinden. Als het ziekenhuis niet over een speciaal beschermde ruimte beschikt, is het duidelijk dat de aanwezigheid van de patiënt tot blootstelling van andere patiënten kan leiden. Daarom worden hyperthyreoïdiepatiënten in een aantal lidstaten poliklinisch behandeld. Het kostenaspect – ziekenhuisverzorging is duur – speelt bij deze beslissing uiteraard een belangrijke rol. Een laatste overweging is dat slechts zeer weinig mensen meer dan eens in hun leven aan een behandelde patiënt blootgesteld zullen worden.

Naast de rechtvaardiging moet natuurlijk ook de bescherming van anderen geoptimaliseerd worden, zodat de dosis zo laag gehouden wordt als redelijkerwijs mogelijk is. In dit verband vereist artikel 7 van de Basisnormenrichtlijn het volgende: *“Dosisbeperkingen zouden, wanneer zulks passend is, gebruikt moeten worden als onderdeel van de optimalisering van de stralingsbescherming”* en *“De door elke lidstaat vastgestelde aanbevelingen voor de passende op blootgestelde personen toe te passen procedures, zoals bedoeld in artikel 6, lid 4, onder b) en c), kunnen dosisbeperkingen omvatten”*.

De meeste lidstaten passen een of andere dosisbeperking toe, vaak een afgeleide restactiviteit, om de doses voor andere personen veroorzaakt door de behandelde patiënt binnen bepaalde grenzen te houden. Deze activiteitsniveaus worden gebruikt om te bepalen of een patiënt poliklinisch kan worden behandeld en of klinisch behandelde patiënten veilig uit het ziekenhuis kunnen worden ontslagen.

In de Europese Unie lopen deze niveaus uiteen van 95 MBq tot 800 MBq ^{131}I , maar in de meeste lidstaten ligt dit tussen 400 en 600 MBq.

In dit verband zij erop gewezen dat er tussen de lidstaten grote verschillen zijn in de behandelingsmethoden voor schildklierandoeningen.

Deze handleiding tracht niet de activiteitsniveaus te harmoniseren, maar is bedoeld om de verschillende handelwijzen zo volledig mogelijk te bestuderen en een gemeenschappelijke benadering voor te stellen voor het hanteren van activiteitsniveaus.

Artikel 4 van de Richtlijn medische blootstelling vereist dat de lidstaten ervoor zorgen dat er passende richtsnoeren komen voor de blootstelling van personen die willens en wetens (doch niet beroepshalve) behulpzaam zijn bij het ondersteunen en bemoedigen van patiënten die een medische diagnose of behandeling ondergaan. Deze bepaling is van toepassing op radiodiagnostiek, radiotherapie en nucleaire geneeskunde voor diagnostische en therapeutische doeleinden.

De in artikel 4 van de richtlijn bedoelde groep zal in dit document worden aangeduid als “familie en vrienden”. Dit omvat iedereen die in hetzelfde huis woont als de patiënt of die de patiënt in het ziekenhuis of thuis bezoekt. Anderen die met de patiënt in contact kunnen komen, worden hierna “derden” genoemd en worden beschouwd als leden van de bevolking.

Voorts schrijft artikel 4 van de genoemde richtlijn voor dat ingeval een patiënt een behandeling met radionucliden ondergaat, de lidstaten ervoor zorgen dat de medisch deskundige de patiënt of zijn wettelijke voogd voor het vertrek uit het ziekenhuis de nodige schriftelijke instructies verstrekt om de doses voor personen die met de patiënt in contact komen te beperken en informatie te verschaffen over de risico's van ioniserende straling.

Veel lidstaten hebben al dergelijke instructies opgesteld met gedragslijnen voor patiënten die met radioactief jodium zijn behandeld. In dit document zijn de verschillende instructies in beschouwing genomen en wordt een Europese benadering voorgesteld.

De instructies zijn bedoeld voor zowel poliklinische patiënten als klinisch behandelde patiënten na hun ontslag, dan wel hun wettelijke voogden. Zij zijn gericht tot de specialisten nucleaire geneeskunde die de patiënt behandelen, en tot huisartsen en de bevoegde autoriteiten op nationaal en plaatselijk niveau. In dit rapport worden ook enige richtsnoeren gegeven voor deze specialisten, die aan artsen en patiënten advies moeten geven en aanbevelingen moeten doen over de wijze waarop de risico's van ioniserende straling kunnen worden beperkt.

Volgens de Richtlijn medische blootstelling dienen de bevoegde autoriteiten in de nationale wet- of regelgeving een verplichting op te nemen om aan de patiënten de desbetreffende instructies te verstrekken. De verantwoordelijke specialist nucleaire geneeskunde moet ervoor zorgen dat deze instructies mondeling en schriftelijk aan de patiënten, of hun wettelijke voogden, worden gegeven. Maar hij/zij kan uiteraard niet nagaan of de patiënt die instructies ook nauwgezet opvolgt. Daarom draagt de specialist nucleaire geneeskunde geen verantwoordelijkheid voor de naleving van de instructies, zolang die maar op de juiste wijze aan de patiënt zijn verstrekt.

Zij moeten de aandacht van de patiënten vestigen op hun verantwoordelijkheid jegens hun familie en vrienden en jegens derden.

Zijn de familieleden van een patiënt niet bereid om de patiënt thuis te “ondersteunen en bemoedigen”, dan dienen zij als derden aangemerkt te worden en zijn op hen zonder meer de dosislimieten voor leden van de bevolking van toepassing¹.

Later in deze handleiding wordt voorgesteld om in dat geval een fractie van de dosislimiet van 0,3 mSv in acht te nemen.

¹ 1 mSv per jaar. In buitengewone omstandigheden mag echter de effectieve dosis in één jaar hoger zijn, mits het gemiddelde over vijf opeenvolgende jaren niet meer dan 1 mSv per jaar bedraagt.

2. EFFECTEN VAN ¹³¹I-THERAPIE

Dit hoofdstuk bevat beknopte achtergrondinformatie over ¹³¹I-therapie en geeft enige beschouwingen voor het vaststellen van dosisbeperkingen. Uitvoeriger informatie is in bijlage II opgenomen.

2.1 Mechanisme van ¹³¹I-therapie

Er zijn twee soorten biologische effecten van ioniserende straling bekend: deterministische en stochastische effecten. Deterministische effecten worden veroorzaakt doordat een orgaan als gevolg van celbeschadiging of celdood minder goed of helemaal niet meer functioneert. Voor deze effecten bestaan er drempeldoses: de functie van veel organen en weefsels wordt niet aangetast als het beschikbare aantal gezonde cellen licht daalt. Pas als er te weinig cellen over zijn, treedt een klinisch waarneembare pathologische functiestoornis op.

Bij de behandeling van schildklierkanker, metastasen, hyperthyreoïdie en euthyreoïd struma gaat het erom een celdodend effect te weeg te brengen maar de andere organen niet zodanig aan te tasten dat er deterministische effecten optreden.

Doordat schildkliercellen jodium opnemen, kunnen schildklierziekten met radioactief jodium worden behandeld.

Bij dergelijke behandelingen wordt als radionuclide vaak de β -straler ¹³¹I gebruikt, hoewel de bijkomende γ -emissie leidt tot blootstelling van andere weefsels en zelfs van andere personen.

De kans op een door straling geïnduceerde dodelijke vorm van kanker voor de gemiddelde bevolking is (ICRP-60) geschat op ongeveer 5 procent per sievert² bij lage doses en lage dosistempo's en die voor ernstige genetische aandoeningen op 1 procent. Voor ouderen, zo boven de 60 jaar, lijkt deze kans 3 à 10 maal zo laag te liggen. Dit komt mogelijk doordat de kanker niet voldoende tijd heeft om zich te manifesteren in de periode die ouderen nog te leven hebben; ook is het onwaarschijnlijk dat genetische schade aan het nageslacht wordt doorgegeven. Voor kinderen tot tien jaar is de kans dat een dodelijke vorm van kanker wordt geïnduceerd zo'n 2 à 3 maal zo groot.

Voor zwangere vrouwen is het risico even groot als voor de gemiddelde bevolking; voor het ongeboren kind wordt echter aangenomen dat het risico op dodelijke kanker hetzelfde is als voor kleine kinderen. Er zijn deterministische effecten waargenomen na massieve bestraling *in utero*, maar de doses voor familie en vrienden van een behandelde patiënt liggen ver beneden de drempelwaarde voor dergelijke effecten.

Aangezien de gevoeligheid voor ioniserende straling per leeftijdsgroep uiteenloopt, zijn ook de instructies om de risico's voor deze groepen te beperken verschillend.

2

Dat betekent dat als 100 000 mensen aan 1 mSv worden blootgesteld, naar verwachting 5 van hen een dodelijke vorm van kanker als gevolg van de straling zullen krijgen. Bedraagt de blootstelling van die 100 000 mensen 5 mSv, dan zullen naar verwachting 25 mensen hierdoor worden getroffen.

2.2 Doses voor anderen

Algemeen gesproken zijn rechtstreekse uitwendige straling van de patiënt en uitademing van ^{131}I mogelijke bronnen van significante doses bij anderen. Blootstelling aan deze bronnen dient zo veel als redelijkerwijze mogelijk is te worden voorkomen of beperkt.

Voor dit document delen wij de mensen die in contact kunnen komen met een behandelde patiënt in twee groepen in: enerzijds familie en vrienden en anderzijds derden. De eerste groep, die ook bezoekers omvat, kan verder worden onderverdeeld in zes categorieën: zwangere vrouwen, kinderen tot en met 2 jaar oud, kinderen tussen 3 en 10 jaar oud, partners, partners ouder dan 60 jaar, en anderen.

Zoals al is opgemerkt, zijn deze categorieën zo gekozen omdat i) ongeboren kinderen en kinderen tot en met 10 jaar oud gevoeliger zijn voor het ontstaan van kanker door straling, ii) kleine kinderen tot zo'n 2 jaar vaak meer lichamelijk contact met hun ouders hebben, en iii) mensen boven de 60 jaar waarschijnlijk minder gauw kanker zullen krijgen als gevolg van ioniserende straling. Deze verschillen zijn in het bijzonder van belang voor de instructies die aan de patiënten worden gegeven.

3. DOSISBEPERKINGEN

Voor medische blootstellingen worden er bij de optimalisering twee soorten systemen gebruikt. Beide zijn bedoeld om onnodig hoge doses te beperken. Het eerste is een systeem van referentieniveaus dat alleen van toepassing is op diagnostisch onderzoek en daarom voor dit document niet van belang is. Het tweede berust op het begrip dosisbeperking.

Dosisbeperkingen (zie ook de handleiding ‘Considerations on the Concept of Dose Constraints, joint report of NEA/EC Group of Experts’) zijn plafondwaarden, bedoeld voor optimalisering. Het zijn indicatieve voorspellingen die naar verwachting niet overschreden zullen worden; het zijn geen wettelijke dosislimieten. Aangezien met radionucliden behandelde patiënten bronnen van mogelijke besmetting en blootstelling van anderen zijn, moeten zij instructies krijgen voor hun gedrag teneinde de dosis voor hun familie en vrienden en voor derden te beperken. De in dat geval gehanteerde plafondwaarden worden dosisbeperkingen genoemd. Daar familie en vrienden profijt hebben van de aanwezigheid van de behandelde patiënt in de familiekring, mag de vooraf vastgestelde dosisbeperking hoger zijn dan de dosislimieten voor de bevolking. Derden echter, die geen enkele band met de patiënt hebben en doorgaans toevallige “slachtoffers” van de patiënt als stralingsbron zijn, hebben geen enkel voordeel van de blootstelling en worden daarom als leden van de bevolking beschouwd.

Wanneer patiënten met radioactieve stoffen worden behandeld, hangen de doses die de familie en vrienden ontvangen af van het gedrag van de patiënt en hun eigen gedrag. Als bepaalde regels in acht genomen worden, kan aan de vastgestelde dosisbeperkingen worden voldaan. De doses voor derden daarentegen, die meestal niet eens weten dat er een stralingsbron in de buurt is, worden volledig bepaald door het gedrag van de patiënt.

Zoals al gezegd is het risico voor kleine kinderen twee- tot driemaal zo groot als dat voor de gemiddelde bevolking. Om dus een even groot risico op stochastische effecten te verkrijgen moet de dosisbeperking voor kinderen en ongeborenen 2 à 3 maal zo laag zijn als die voor volwassenen.

Het risico voor ouderen (60-80 jaar) ligt 3 tot 10 maal zo laag als dat voor de gemiddelde bevolking. Voor deze leeftijdsgroep zijn dus hogere dosisbeperkingen mogelijk.

Zoals kan worden opgemerkt uit tabel IV.2, kolom C en D (bijlage IV) zijn de meeste instructies voor het gedrag van de patiënten geschikt voor volwassenen en kinderen ouder dan 10 jaar, maar niet voor kleine of ongeborene kinderen. Voor deze laatste groep moeten speciale instructies worden gegeven.

3.1 Dosisbeperkingen voor jodium-131-behandeling

Tabel 1 bevat de voorgestelde dosisbeperkingen voor de familie en vrienden van poliklinische patiënten of ontslagen klinische patiënten na behandeling met radionucliden.

Deze waarden zijn vastgesteld met inachtneming van de volgende overwegingen:

- 1) Op medische blootstellingen zijn geen dosislimieten van toepassing, maar die kunnen wel als referentiewaarde voor de aanvaardbaarheid van een bepaalde blootstelling worden gebruikt.
- 2) Iemand zal doorgaans maar een- of tweemaal in zijn leven door een patiënt als stralingsbron worden blootgesteld.
- 3) De leeftijd van de blootgestelde persoon ten tijde van de blootstelling speelt een grote rol bij de risicoberekening.

Dit leidt ons tot het volgende:

- Aangezien 1 mSv gedurende de rest van de zwangerschap een aanvaarde bovengrens is voor de blootstelling van een ongeborn kind waarvan de moeder op het werk wordt blootgesteld (Basisnormenrichtlijn), lijkt het redelijk hetzelfde niveau te hanteren voor de blootstelling in de baarmoeder als gevolg van een patiënt als stralingsbron.
- Voor kinderen tot en met 10 jaar wordt aangenomen dat het risico hetzelfde is als voor ongeboren kinderen; daarom wordt ook voor deze groep 1 mSv een aanvaardbaar niveau geacht.
- Voor kinderen ouder dan 10 jaar en volwassenen is het risico 2 à 3 maal zo klein als voor jongere kinderen. Bij het vaststellen van dosisbeperkingen voor deze groep kan gebruik gemaakt worden van de Basisnormenrichtlijn. Volgens deze richtlijn mag de dosislimiet voor een lid van de bevolking in buitengewone omstandigheden in één jaar hoger zijn dan 1 mSv, mits het gemiddelde over 5 opeenvolgende jaren niet meer dan 1 mSv per jaar bedraagt. Aangezien mensen gemiddeld niet vaker dan eens in hun leven met een patiënt-stralingsbron geconfronteerd zullen worden, kan dit als “buitengewone omstandigheid” worden aangemerkt. Op grond hiervan, en rekening houdend met eventuele blootstellingen als gevolg van andere kunstmatige bronnen dan de patiënt-stralingsbron in deze periode, lijkt een dosisbeperking van 3 mSv redelijk.
- Voor mensen van 60 jaar en ouder is het risico 3 tot 10 maal zo klein als voor de gemiddelde bevolking en voor mensen boven de 65 jaar is dat 5 tot 10 maal zo klein. Daarom wordt voor ouderen een dosisbeperking van 15 mSv redelijk geacht.

Tabel 1 Voorgestelde dosisbeperkingen [mSv] voor familie en vrienden per behandeling met jodium-131

Categorie	Dosisbeperking
Kinderen (inclusief ongeboren kinderen *)	1 mSv
Volwassenen tot circa 60 jaar oud	3 mSv **
Volwassenen van 60 jaar en ouder	15 mSv

* Met ongeboren kinderen worden embryo's en foetussen bedoeld.

** Deze niveaus behoeven niet te worden toegepast op familie en vrienden die ernstig zieke klinische patiënten bijstaan, zoals moeders die hun in het ziekenhuis opgenomen kinderen verzorgen.

Daar de blootstelling van derden beschouwd wordt als blootstelling van leden van de bevolking, zijn hierop wel dosislimieten van toepassing. De dosislimiet voor de bevolking zoals genoemd in de Basisnormenrichtlijn is een cumulatieve dosislimiet die geldt voor de som van alle blootstellingen van een lid van de bevolking. Er moet in aanmerking genomen worden dat andere kunstmatige bronnen ook kunnen leiden tot blootstelling van een bepaalde persoon en dat de som van al deze blootstellingen niet meer dan 1 mSv per jaar mag bedragen.

Daarom wordt 0,3 mSv, een fractie van de dosislimiet, aanbevolen als bovengrens voor dit soort blootstelling.

4. BEHANDELING VAN POLIKLINISCHE PATIËNTEN EN ONTSLAG VAN KLINISCHE PATIËNTEN

Bij de behandeling van poliklinische patiënten en het ontslag van klinisch behandelde patiënten moeten bepaalde voorschriften in acht genomen worden. De verantwoordelijke specialist nucleaire geneeskunde is verplicht ervoor te zorgen dat de nodige dosismetingen worden genomen, dat de patiënten – zowel mondeling als schriftelijk – instructies ontvangen en dat naar de situatie thuis geïnformeerd wordt.

Gefractioneerde toediening van de radionuclide gedurende een korte periode wordt voor de behandeling van hyperthyreoïdie geen goede methode geacht in verband met de hogere cumulatieve doses voor personen die de patiënt helpen of bezoeken en voor de patiënt zelf. Daarom is gefractioneerde behandeling, zoals in sommige landen wordt toegepast om ziekenhuisopname te vermijden, niet te rechtvaardigen. In sommige gevallen kan herhaalde toediening nodig zijn als een behandeling niet voldoende is gebleken om de ziekte te bestrijden, maar dit kan pas vier maanden of langer na de eerste behandeling worden vastgesteld (zie ook bijlage II).

4.1 Zwangerschap

Zwangerschap is een contra-indicatie voor behandeling met jodium-131. Over het algemeen dient de behandeling te worden uitgesteld tot na de bevalling of moeten andere ingrepen, bijvoorbeeld operatie, worden overwogen. Als er echter sprake is van een ernstige bedreiging voor de moeder en andere ingrepen niet geïndiceerd zijn, bijvoorbeeld in geval van metastasen, moet de schade die het kind door de behandeling lijdt, worden afgewogen tegen de consequenties voor de moeder als zij niet behandeld wordt.

4.2 Dosismetingen

Poliklinische behandeling van een patiënt of het ontslag van een klinisch behandelde patiënt zal alleen toegestaan worden als de doses die familie en vrienden en derden (de bevolking) ontvangen als gevolg van de (rest-)activiteit in de patiënt naar verwachting onder de door de bevoegde autoriteiten goedgekeurde dosisbeperkingen zal blijven.

Normaalgesproken zullen patiënten voor een behandeling van schildklierkanker met radioactief jodium in het ziekenhuis worden opgenomen. Voor het ontslag van de patiënt dienen dan de in dit hoofdstuk gegeven voorschriften in acht te worden genomen.

Voordat een patiënt uit een ziekenhuis wordt ontslagen, moet de specialist nucleaire geneeskunde zich ervan vergewissen dat de restactiviteit de vastgestelde niveaus niet te boven gaat. Dit kan worden gedaan met behulp van dosismetingen op een afstand van 1 meter van de staande patiënt. Hiervoor moeten standaard-meetprotocollen worden vastgesteld. De beslissing om een patiënt te ontslaan moet worden genomen aan de hand van de meting met het hoogste exposietempo, wat in geval van hyperthyreoïdie normaliter ter hoogte van de schildklier is; bij uitgebreide schildklierkanker met metastasen kan dit echter elders in het lichaam zijn.

Het resultaat van de meting moet vastgelegd worden.

Voor de behandeling van poliklinische patiënten moet dezelfde redenering worden gevolgd.

Bijlage II bevat een aantal coëfficiënten voor het omrekenen van de activiteit in de effectieve dosis (tabel II.1) en van het dosistempo in de effectieve dosis (tabel II.2).

4.3 Instructies

De arts onder wiens verantwoordelijkheid de behandeling wordt verricht, moet erop toezien dat de patiënt of zijn wettelijke voogd mondelinge en schriftelijke instructies krijgt voordat de patiënt wordt behandeld. De arts dient uit te leggen hoe belangrijk het is dat deze instructies worden opgevolgd en die uitvoerig met de patiënt bespreken. Deze procedure moet ook in het dossier van de patiënt worden opgetekend, met de inhoud van de instructies.

4.4 Toestand van de patiënt

De specialist nucleaire geneeskunde die verantwoordelijk is voor de behandeling en het ontslag van de patiënt moet zich ervan vergewissen dat de instructies door de patiënt en zijn familie en vrienden kunnen worden begrepen en opgevolgd. De patiënt moet zelfstandig kunnen functioneren en in staat zijn om mee te werken en zich aan de instructies te houden. Bij hulpbehoevende, niet meewerkende of incontinentie patiënten, of patiënten die veel braken, is poliklinische behandeling geen wenselijke (veilige) keuze. In dat geval moeten aanvullende, zeer specifieke instructies gegeven worden voor het gedrag van de familie en vrienden, mogelijk na raadpleging van een stralingsdeskundige, om ervoor te zorgen dat de restactiviteit geen aanleiding geeft tot doses die boven de dosisbeperkingen van tabel 1 liggen.

4.5 Situatie thuis

Een van de factoren die bij poliklinische behandeling van patiënten en het ontslag van klinisch behandelde patiënten beoordeeld moeten worden is de huiselijke omgeving in sociaal-economisch opzicht, die van dien aard moet zijn dat de patiënt en zijn familie of vrienden zich aan de ontvangen instructies kunnen houden. De beschikbare leefruimte, zoals het aantal kamers, de kwaliteit van de sanitaire voorzieningen, aansluiting op de riolering enz., moet worden beschouwd.

De specialist nucleaire geneeskunde die verantwoordelijk is voor de behandeling en het ontslag moet ervoor zorgen dat met de patiënt een gesprek gevoerd is over deze punten en dat hem uitgelegd is dat het risico voor een ander rechtstreeks verband houdt met de afstand tussen de patiënt en die ander, de tijd die beiden in nauw contact met elkaar doorbrengen, enz. Hij moet op grond van die informatie een beslissing nemen maar kan uiteraard niet verantwoordelijk worden gesteld voor fouten als de patiënt onjuiste informatie verstrekt.

4.6 Bijzondere omstandigheden

Indien een patiënt aan wie ^{131}I is toegediend met spoed geopereerd moet worden of een hartaanval heeft gehad, moet hij of zij op dezelfde wijze behandeld worden als andere patiënten, ook al ligt de restactiviteit nog boven het niveau waarbij ontslag uit het ziekenhuis mogelijk zou zijn. Er moet speciaal advies worden ingewonnen bij een klinisch fysicus als die beschikbaar is. Dezelfde procedure moet worden gevolgd als een patiënt na de behandeling naar huis gegaan is en vervolgens eerste hulp nodig heeft. In dat geval is het de plicht van de patiënt of zijn familie om degene die eerste hulp verleent onmiddellijk te informeren over de bijzondere situatie waarin de patiënt zich na behandeling met ^{131}I bevindt.

4.7 Overlijden van de patiënt

Het kan gebeuren dat een patiënt kort na de toediening van ^{131}I overlijdt. In geval van obductie of ter bescherming van de familie, vrienden en derden bij het afleggen van de patiënt, bij het waken en tijdens de uitvaart, moet een erkende stralingsdeskundige worden geraadpleegd om de doses zo laag te houden als redelijkerwijze mogelijk is.

Voor de begrafenis of crematie kan de nationale wetgeving speciale regels voorschrijven.

5. RICHTSNOEREN VOOR MEDISCHE DESKUNDIGEN BETREFFENDE HET INSTRUEREN VAN ONTSLAGEN KLINISCHE PATIËNTEN EN POLIKLINISCHE PATIËNTEN

De volgende richtsnoeren zijn bestemd voor specialisten nucleaire geneeskunde in ziekenhuizen en klinieken en voor huisartsen. Een voorbeeld van schriftelijke instructies voor patiënten, begeleiders en wettelijke voogden is in bijlage I opgenomen. Deze instructies moeten vóór de behandeling worden overhandigd zodat er voldoende tijd is om thuis de nodige voorzorgen te treffen. Het is wenselijk de instructies mondeling toe te lichten en de patiënt moet worden aangemoedigd om vragen te stellen als hij of zij nog twijfels heeft.

Deze instructies moeten gedurende voldoende lange tijd worden nageleefd, afhankelijk van de maximale dosis op een afstand van 1 meter van de staande patiënt (eventueel relevante dosisconversiecoëfficiënten zijn in bijlage II opgenomen).

In buitengewone omstandigheden kunnen aanvullende of andere instructies nodig zijn. In die situaties moet advies worden ingewonnen bij een medisch fysicus indien die beschikbaar is.

RICHTSNOEREN VOOR MEDISCHE DESKUNDIGEN

In tabel 2 zijn een aantal voorgestelde waarden opgenomen voor de periode dat patiënten (en hun familie en vrienden) deze beperkingen in hun gedrag in acht moeten nemen.

Deze periode is een functie van het effectieve dosistempo, gemeten op 1 meter afstand van enig punt van het lichaam van de patiënt. Er kunnen echter ook andere methoden worden gebruikt, die tot andere uitkomsten leiden (zie bv. Laz95 en ETA95)

Tabel 2 Effectieve dosistempo's op 1 meter afstand, geschatte overeenkomende (rest-)activiteiten en periode dat de instructies moeten worden aangehouden.

Effectief dosistempo op 1 meter afstand van de patiënt [$\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ op 1 meter]	Overeenkomend met een geschatte (rest-)activiteit van*	Aanbevolen periode voor het volgen van de instructies
< 40	< 800 MBq	3 weken
< 20	< 400 MBq	2 weken
< 10	< 200 MBq	1 week
< 5	< 100 MBq	4 dagen
< 3	< 60 MBq	24 uur na toediening

* Deze waarden zijn gebaseerd op de in bijlage III opgenomen fysische gegevens.

De voorgestelde perioden zijn gebaseerd op de restactiviteit in klinisch behandelde patiënten. De snelle uitscheidingsfase van deze patiënten is vrijwel afgelopen voordat zij worden ontslagen (de activiteit in het lichaam daalt de eerste dag sneller dan de volgende dagen). Bij poliklinische patiënten is de restactiviteit gelijk aan de toegediende activiteit, maar vindt de snelle uitscheidingsfase plaats als de patiënt thuis is. Dit betekent dat bij een vergelijkbare restactiviteit op het tijdstip van ontslag de doses voor familie en vrienden bij klinisch behandelde patiënten hoger is dan bij patiënten die

poliklinisch werden behandeld. Het aanhouden van de bovengenoemde restrictieperiode is voor poliklinische patiënten dus een conservatieve benadering.

Instructies:

Algemeen:

Thuis moet de patiënt op zo groot mogelijke afstand van andere personen blijven, in elk geval meer dan 1 meter, en voor langere perioden meer dan 2 meter.

Toilet:

De patiënten (ook mannen) moeten zittend urineren. Zij moeten toiletpapier gebruiken om de genitaliën af te vegen en altijd het toilet doorspoelen na gebruik. De handen moeten, zo mogelijk in de toiletruimte, gewassen worden om besmetting van deurknoppen enz. te vermijden.

Kleine kinderen (0-10 jaar)

Voor kinderen tot en met 10 jaar is het aan de dosis verbonden risico hoger dan voor de gemiddelde bevolking. Verder hebben zeer jonge kinderen vaak gedurende een groot deel van de dag direct lichamelijk contact met hun ouders (of andere volwassenen).

Als er kleine kinderen zijn, moeten de patiënten op de hoogte gesteld worden van het extra risico dat die lopen.

Direct lichamelijk contact moet zo veel mogelijk worden vermeden, en ook hier geldt: hoe groter de afstand, des te beter.

Daarom moeten kinderen tot en met 2 jaar bij voorkeur elders door anderen dan de patiënt worden verzorgd. Is dit niet mogelijk of om psychologische redenen niet wenselijk, dan moet het contact zo kort mogelijk blijven.

Het wordt sterk aangeraden om na de aanbevolen periode nog een extra week lang lichamelijk contact tussen de patiënt en kleine kinderen te vermijden als dat niet absoluut nodig is, in het bijzonder als het gaat om klinisch behandelde hyperthyreïdiepatiënten.

Partners en andere mensen thuis:

Er is geen contra-indicatie voor direct lichamelijk contact (omhelzen of seks), maar dit moet tot zo'n half uur per dag beperkt blijven. Het wordt echter sterk aangeraden dat de patiënt alleen in een bed slaapt. De afstand tussen twee bedden moet ten minste 2 meter zijn. Er moet op gelet worden dat het bed van de patiënt in de ene kamer niet tegen dezelfde muur staat als een bed in een andere kamer. Is dit namelijk het geval, dan is de afstand tussen de bedden toch heel gering; de muur biedt namelijk geen goede bescherming tegen dit type straling.

Oudere partners:

Voor mensen ouder dan 60 jaar is het risico op stralingsschade gering. Daarom moeten alleen die maatregelen worden aanbevolen die gemakkelijk uit te voeren zijn.

Zwangere vrouwen:

Voor de zwangere partner van een behandelde patiënt moeten wat slapen betreft dezelfde instructies worden gegeven als voor 'Partners en andere mensen thuis'. Bovendien moet, om de dosis voor het ongeboren kind zo laag te houden als redelijkerwijs mogelijk is, nauw fysiek contact overdag tot een minimum worden beperkt.

Borstvoeding:

Als een zogende vrouw met ^{131}I behandeld moet worden, moet de borstvoeding altijd vóór de aanvang van de therapie worden gestaakt en mag deze na thuiskomst niet worden hervat.

Zwangerschap:

Bevruchting binnen vier maanden na een behandeling met radioactief jodium kan leiden tot schade bij het ongeboren kind. Geadviseerd wordt daarom om zwangerschap gedurende deze vier maanden te voorkomen. Aangezien de zaadcellen van mannelijke patiënten ook beschadigd kunnen zijn, moet hun geadviseerd worden gedurende vier maanden na de ^{131}I -toediening geen kinderen te verwekken.

Bezoekers:

Bij een kort bezoek, een paar uur bijvoorbeeld, hoeven er geen speciale voorzorgen genomen te worden, behalve afstand houden en direct lichamelijk contact vermijden (zie 'Algemeen').

Bezoek van kleine kinderen en zwangere vrouwen moet worden ontraden.

Bestek en vaatwerk:

Aangezien het speeksel en de biologische afscheidingsproducten van patiënten relatief sterk met jodium besmet zijn, mogen het door de patiënten gebruikte bestek en vaatwerk, handdoeken, beddengoed e.d. niet door anderen worden gebruikt. Na (af)wassen is alles weer veilig. Het is niet nodig om deze artikelen apart te reinigen.

Vervoer:

Alleen tijdens de eerste week moet het reizen per openbaar vervoer tot zo'n twee uur per reis beperkt worden. Bij taxivervoer moet de patiënt zo ver mogelijk van de chauffeur gaan zitten. Een rit met dezelfde chauffeur moet beperkt blijven tot in totaal ongeveer twee uur. Zijn langere reizen met het openbaar vervoer onvermijdelijk, dan moet advies worden gegeven over de wijze waarop de dosis voor medereizigers kan worden beperkt. Zo kan de patiënt geadviseerd worden om nu en dan van plaats te wisselen om niet te lang naast dezelfde persoon te zitten.

Uitgaan:

Bioscopen en andere gelegenheden waarbij de patiënt zich een paar uur lang dicht bij andere mensen bevindt, moeten worden vermeden.

Werk:

Hierbij moeten de volgende gevallen worden onderscheiden:

- 1) Het werk van de patiënt vereist nauw contact met collega's, cliënten of anderen. Patiënten die op een school werken of ergens anders waar ze met kinderen jonger dan 10 jaar in aanraking komen, mogen in geen geval weer aan het werk. In andere situaties moet zo veel mogelijk een minimumafstand van 2 meter tot andere personen in acht genomen worden, ook tijdens de lunch. Is dit niet mogelijk, dan mag de patiënt niet gaan werken.
- 2) Het werk van de patiënt vereist geen nauw contact. In dat geval kan de patiënt weer aan het werk gaan (waarbij nauw contact zo veel mogelijk vermeden wordt), uitgezonderd poliklinisch behandelde patiënten gedurende de eerste twee dagen na de toediening (de snelle uitscheidingsfase).
- 3) Het werk van de patiënt kan beïnvloed worden door ioniserende straling (ontwikkeling van fotografische platen, radio-immunoassay, enz.). In dit geval gaat het niet om het beperken

van de blootstelling van derden en moet advies gevraagd worden aan een stralingsdeskundige.

Bij twijfel dient de verantwoordelijke specialist nucleaire geneeskunde advies in te winnen bij een klinisch fysicus. In elk geval dient de leiding geïnformeerd te worden.

Tabel 3 bevat voorbeelden van het aantal dagen dat de patiënt thuis moet blijven om de dosis voor een collega tot **0,3 mSv** te beperken. De auteurs zijn van mening dat in dit geval het gebruik van dagen als tijdseenheid aangewezen is.

Tabel 3 Voorbeeld van het berekende aantal dagen dat een met ¹³¹I behandelde patiënt niet moet gaan werken*) om de dosis voor een collega tot **0,3 mSv** te beperken (afhankelijk van de afstand, de tijdsduur en de toegediende activiteit**) in MBq (*Tho95*)

Aantal uur per dag	200 MBq	400 MBq	600 MBq	800 MBq
8 uur op 1 m	4	10	13	15
4 uur op 1 m	-	4	8	10
8 uur op 2 m	-	-	3	4

*) Uitgaande van een vijfdaagse werkweek. De waarden in de tabel geven het **totale aantal dagen (weekend inbegrepen)** aan dat de patiënt van het werk weg moet blijven.

***) Deze perioden zijn gebaseerd op de toegediende activiteit bij poliklinische patiënten. Zoals in hoofdstuk 5 is toegelicht, moet bij klinisch behandelde patiënten na het ontslag een iets langere termijn in acht genomen worden.

Ziekenhuis:

Als de patiënt tijdens de restrictieperiode plotseling in het ziekenhuis opgenomen moet worden, moeten de verantwoordelijke specialist nucleaire geneeskunde en de verantwoordelijke klinisch fysicus hiervan onmiddellijk op de hoogte gesteld worden.

Bijlage

I. VOORBEELDEN VAN SCHRIFTELIJKE INSTRUCTIES TEN BEHOEVE VAN PATIËNTEN OF HUN WETTELIJKE VOOGDEN VOOR HET VERLATEN VAN HET ZIEKENHUIS OF DE KLINIEK NA EEN BEHANDELING MET JODIUM-131

De volgende leefregels kunnen aan patiënten, hun wettelijke voogden of hun familie worden gegeven:

LEEFREGELS VOOR PATIËNTEN NA BEHANDELING MET RADIOACTIEF JODIUM

U bent met radioactief jodium behandeld in verband met een schildklierandoening. Het grootste deel van dit jodium zal uw lichaam met de urine verlaten. Er zal echter nog een paar weken wat jodium in uw lichaam achterblijven, hetgeen betekent dat u zelf een bron van straling bent voor andere mensen die zich dicht in uw buurt bevinden.

Het is uw verantwoordelijkheid om familieleden, vrienden, collega's en anderen te beschermen. De volgende vragen en antwoorden zijn bedoeld om u te informeren over een aantal eenvoudige voorzorgen die u moet nemen.

Uw arts zal u vertellen (of heeft dat al gedaan) hoe lang u deze instructies in acht moet nemen.

1 Wat is de belangrijkste voorzorg?

Blijf thuis of op het werk niet te lang dicht in iemands buurt staan of zitten. Probeer een afstand van ten minste 1 meter aan te houden. Gaat het om langere perioden (meer dan een uur), blijf dan op een afstand van 2 meter.

2 Mag ik contact hebben met zwangere vrouwen?

Contact met zwangere vrouwen moet u zo veel mogelijk vermijden. Probeer ten minste twee meter van een zwangere vrouw verwijderd te blijven.



3 Is het veilig om zwanger te worden of een kind te verwekken?

Er zal nog gedurende vier maanden wat jodium in uw lichaam achterblijven. In deze tijd kunt u beter niet zwanger worden of een kind verwekken.

4 Mag ik nog met mijn kinderen omgaan en hen verzorgen?

Als uw kinderen jonger dan 10 jaar zijn, kunt u direct contact (zoals omhelzen of vasthouden) beter zo veel mogelijk vermijden.

Kleine kinderen lopen een groter risico dan volwassenen, dus vermijd voor de zekerheid onnodige contacten nog gedurende een extra week na de aanbevolen periode.



5 Hoe zit het met zuigelingen?

Kinderen jonger dan twee jaar moeten door iemand anders verzorgd worden. Probeer hen bij familie of vrienden onder te brengen.

6 Mag ik doorgaan met borstvoeding?

De moedermelk blijft nog tamelijk lang radioactief jodium bevatten. **Daarom mag u beslist geen borstvoeding meer geven!**

7 Mag ik nauw contact hebben met mijn partner of andere huisgenoten?

Nauwe contacten zoals omhelzen of seks moet beperkt blijven tot een half uur per dag. U moet in een apart bed slapen. De bedden moeten 2 meter uit elkaar staan, ook als er zich een muur tussen bevindt. De muren van een huis vormen namelijk geen goede bescherming tegen dit type straling.



8 Wat moet ik doen als mijn partner zwanger is?

Als uw partner zwanger is, moet u nauw contact met haar vermijden.

9 Zijn deze voorzorgen ook van toepassing op mensen boven de 60 jaar?

Mensen boven de 60 jaar lopen een veel kleiner risico dan anderen. Daarom zijn speciale voorzorgen voor hen niet zo van belang.

10 Mag ik bezoek ontvangen?

Korte bezoeken, van minder dan twee uur, zijn geen probleem. Blijf op een afstand van ongeveer 2 meter en vermijd bij voorkeur nauw contact. Bezoek van kleine kinderen en zwangere vrouwen moet u afraden.

11 Mag ik weer aan het werk?

De meeste mensen kunnen weer gaan werken. Als u zich vanwege de aard van uw werk langer dan twee uur per dag op een afstand van minder dan 2 meter van dezelfde persoon of personen moet bevinden, moet u uw arts om advies vragen.

In elk geval dient u uw chef op de hoogte te stellen.

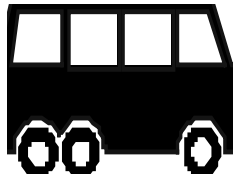
12 En als ik op een kleuterschool werk?

Mensen in het kleuteronderwijs en anderen die op hun werk in nauw contact met kleine kinderen komen, mogen niet werken. Uw arts zal u zeggen voor hoe lang dit geldt.

13 Mag ik naar de bioscoop en dergelijke?

Liever niet. Bioscopen en andere gelegenheden waarbij u zich langer dan een uur dicht bij andere mensen bevindt, moet u vermijden.

14 Mag ik met het openbaar vervoer?



De eerste week mag u niet langer dan twee uur achter elkaar met het openbaar vervoer reizen. Alleen als het niet anders kan, mag u een langere reis maken. Probeer in dat geval een plaats te vinden waar u alleen zit. Vraag uw arts om advies als u een langere reis moet maken.

15 En hoe zit het met taxi's?

Ga schuin achter de chauffeur zitten. Rijd niet langer dan twee uur met dezelfde taxichauffeur.

16 Mag ik hetzelfde toilet gebruiken als andere mensen?

Dat mag, maar vermijd morsen van urine. Daarom moet u (ook mannen) altijd zittend plassen. Veeg uw geslachtsdelen met toiletpapier af en spoel het toilet door. Belangrijk is verder dat u direct uw handen wast, ook na het urineren.

17 Hoe zit het met bestek, vaatwerk, beddengoed, handdoeken en dergelijke?

Radioactief jodium verlaat het lichaam ook via speeksel en zweet. Door u gebruikt bestek, vaatwerk, handdoeken, beddengoed en dergelijke mag daarom niet door anderen gebruikt worden. Na (af)wassen zijn deze artikelen weer volkomen veilig. Zij hoeven niet apart van de rest gereinigd te worden.

18 Wat gebeurt er als ik naar het ziekenhuis moet?

Als u onverwacht naar een ziekenhuis moet, vertel de arts dan dat u onlangs met radioactief jodium behandeld bent. Dit geldt ook als dat het ziekenhuis is waar u de behandeling ondergaan hebt.



BIJ TWIJFEL MOET U ALTIJD UW BEHANDELLENDE ARTS OM ADVIES VRAGEN.

II. ACHTERGRONDINFORMATIE OVER ¹³¹I-RADIOTHERAPIE

II.1 Biologische effecten van ioniserende straling

Er zijn twee soorten biologische effecten van ioniserende straling: deterministische en stochastische effecten. Deterministische effecten worden veroorzaakt doordat een orgaan als gevolg van celbeschadiging of celdood minder goed of helemaal niet meer functioneert. Voor deze effecten bestaan er drempeldoses: de functie van veel organen en weefsels wordt niet aangetast als het beschikbare aantal gezonde cellen licht daalt. Pas als er te weinig cellen over zijn, treedt een klinisch waarneembare pathologische functiestoornis op.

Bij de behandeling van schildklierkanker of metastasen, hyperthyreoïdie en euthyreoid struma is de celdodende werking op sommige of alle cellen van de schildklier of in de metastasen het gewenste effect. Andere organen mogen niet zodanig aangetast worden dat er deterministische effecten optreden. Daarom wordt voor deze behandeling vaak de β -straler ¹³¹I genomen, hoewel de daarbij optredende γ -emissie ook leidt tot blootstelling van andere organen van de patiënt en van anderen.

Stochastische effecten zijn effecten die het gevolg zijn van door de straling veroorzaakte veranderingen in cellen terwijl zij hun vermogen tot celdeling behouden. Dit kan ertoe leiden dat een cel een kwaadaardige transformatie ondergaat, waardoor een kwaadaardige groep cellen ontstaat die uiteindelijk een klinisch waarneembare tumor wordt. De tijd tussen de eerste verandering en het uitbreken van de ziekte kan lopen van een paar jaar (bv. bij leukemie en schildklierkanker) tot enkele tientallen jaren (bv. darm- en leverkanker). Ook kunnen er genetische effecten worden geïnduceerd door bestraling van de kiemcellen.

Voor stochastische effecten wordt aangenomen dat er geen drempeldosis is en dat de kans dat zij optreden evenredig is aan de dosis (een lineaire dosis-effectrelatie in het lage-dosis/laag-dosistempobereik). Daarom moet de kans dat deze effecten optreden zo veel mogelijk beperkt worden door de dosis zo laag mogelijk te houden. De huisgenoten van de behandelde patiënt ontvangen een betrekkelijk lage dosis. Er zal geen deterministisch effect optreden en het risico op een stochastisch effect is erg klein.

De natuurlijke incidentie van kanker in Europa bedraagt ongeveer 25%. De kans op een door straling geïnduceerde dodelijke vorm van kanker is geschat op ongeveer 5% per sievert³ voor het lage-dosis/laag-dosistempobereik en die voor ernstige genetische aandoeningen op 1 procent (ICRP-60). Afhankelijk van het orgaan in kwestie kunnen ook vormen van kanker worden geïnduceerd die te genezen zijn. Voor ouderen, zo boven de 60 jaar, lijkt deze kans 3 maal zo laag te liggen en voor mensen boven de 65 zelfs 5-10 maal zo laag. Doordat ouderen namelijk nog maar een kleiner aantal jaren te leven hebben, heeft de kanker mogelijk niet voldoende tijd om zich te manifesteren. Ook is het onwaarschijnlijk dat zij genetische schade aan het nageslacht doorgeven. Voor kinderen tot de leeftijd van tien jaar is de kans dat een dodelijke vorm van kanker wordt geïnduceerd zo'n 2 à 3 maal zo groot. Het risico voor zwangere vrouwen is even groot als dat voor de gemiddelde bevolking; voor het ongeboren kind wordt echter aangenomen dat het risico op dodelijke kanker hetzelfde is als dat voor kleine kinderen. De instructies zijn voor al deze groepen verschillend.

3

Dat betekent dat als 100 000 mensen aan 1 mSv worden blootgesteld, naar verwachting 5 van hen een dodelijke vorm van kanker als gevolg van de straling zullen krijgen. Bedraagt de blootstelling van die 100 000 mensen 5 mSv, dan zullen naar verwachting 25 mensen hierdoor worden getroffen.

Er zijn deterministische effecten waargenomen na bestraling *in utero*, maar de doses die familie en vrienden van een behandelde patiënt kunnen ontvangen, liggen ver beneden de drempelwaarde voor dergelijke effecten.

II.2 Metabolisme van ^{131}I

Stabiel jodium

Jodium is een onmisbaar bestanddeel van de schildklierhormonen; daarom neemt de schildklier gemakkelijk jodium op. Normaliter komt jodium in het lichaam via het voedsel en het drinkwater en bij een normaal dieet komt een te hoge joodopname nauwelijks voor. Na opname wordt het jodium in het schildklierweefsel geconcentreerd, waar het voor de synthese van hormonen wordt gebruikt. Bij een extra toediening van jodium aan het lichaam wordt gemiddeld 25% hiervan direct door de schildklier opgenomen. Hoeveel dit precies is, hangt sterk af van de normale dagelijkse opname uit de voeding. Bij een lage dagelijkse opname kan de extra opname al gauw tot 50% oplopen. Met een hoge dagelijkse opname wordt niet meer dan 5 à 10% opgenomen. De rest verdwijnt al vrij snel, binnen enkele dagen, uit het lichaam, grotendeels via de urine maar ook in andere uitscheidingsproducten, zoals feces, zweet, speeksel en uitgeademde lucht. Het door de schildklier gebruikte jodium komt langzaam uit de hormonen vrij in de lichaamsvloeistoffen en kan weer in het lichaam circuleren. Ten slotte wordt het na een paar maanden uitgescheiden.

Radioactief jodium

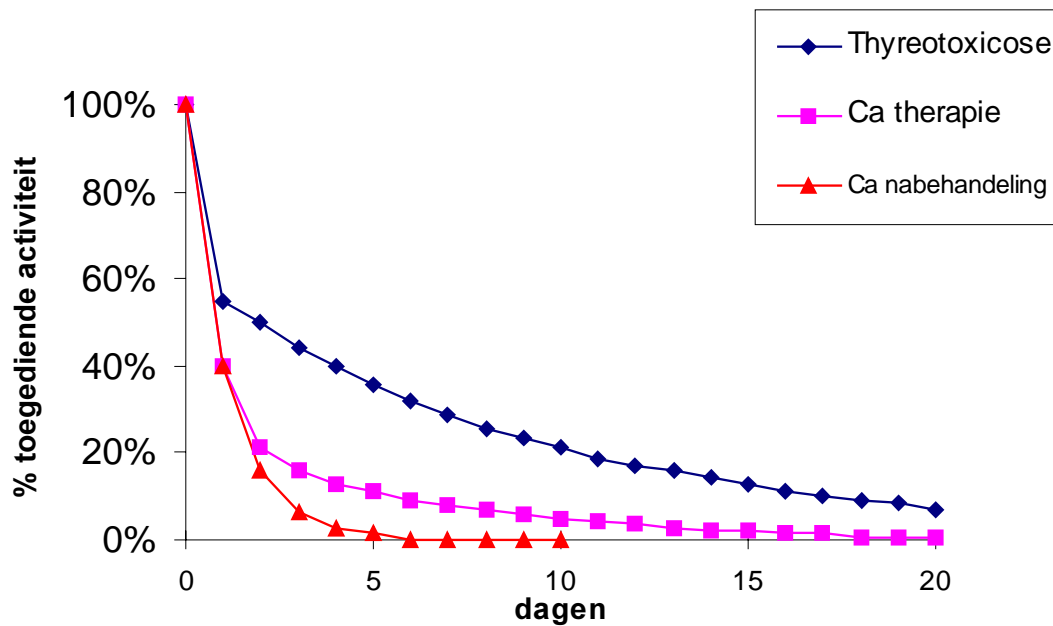
Aangezien het lichaam geen onderscheid maakt tussen stabiel en radioactief jodium, gedraagt ^{131}I zich op dezelfde wijze als stabiel jodium. Dat betekent dat een groot deel van het toegediende jodium binnen 24 tot 48 uur in de schildklier wordt opgeslagen. Tijdens de eerste retentie- en recyclingperiode van het radioactieve jodium bestraalt dit de schildklier, waardoor in geval van schildklierkanker tumorcellen worden gedood of, bij goedaardige schildklieraandoeningen, een groot deel van de normale schildkliercellen.

De fysische halveringstijd van radioactief jodium is ongeveer 8 dagen. Dat betekent dat de helft van het toegediende radioactief jodium binnen 8 dagen vervalst. Het voornaamste vervalproduct is xenon-131, dat snel uit het lichaam verdwijnt. Bovendien verliezen de beschadigde schildkliercellen hun vermogen om jodium te organificeren en daardoor komt het jodium vrij in het bloed, zodat het wordt uitgescheiden. Het radioactieve jodium verdwijnt dus tamelijk snel door radioactief verval of metabole uitscheiding. De totale hoeveelheid radioactief jodium daalt tot de helft van de beginwaarde⁴ in een tempo dat afhangt van de aard van de aandoening: binnen 1 dag in geval van schildklierkanker en totale verwijdering van het schildklierweefsel, en in 7 dagen bij patiënten met euthyreoïd struma. In geval van hyperthyreoïdie is de effectieve halveringstijd zo'n 4 à 5 dagen.

In figuur II.1 zijn de ^{131}I -uitscheidingscurves afgebeeld voor thyreotoxicose, kankertherapie en nabehandeling van kanker. Hieruit blijkt het verschil in uitscheidingsnelheid en de (daarmee samenhangende) retentie in het lichaam gedurende de eerste 20 dagen na de toediening.

⁴ Dit wordt de effectieve halveringstijd genoemd. Deze is gebaseerd op de fysische halveringstijd en de biologische halveringstijd en hangt af van het metabolisme.

131I-uitscheidingscurves



Figuur II.1 ^{131}I -uitscheidingscurves als percentage van de toegediende activiteit bij thyreotoxicose, kankertherapie en nabehandeling van kanker (metastasen of recidief) [Hil91] en [Bar96]

II.2.1 Mechanisme van ^{131}I -behandeling

Dankzij het vermogen van de schildkliercellen om jodium op te nemen kunnen sommige schildklierziekten met radioactief jodium behandeld worden. In het bijzonder hyperthyreoïdie en schildklierkanker, en in sommige gevallen euthyreoïde struma, worden op deze wijze behandeld.

II.2.1.1 Hyperthyreoïdie

De behandeling van hyperthyreoïdie met ^{131}I berust op de opname daarvan door hyperactieve schildkliercellen en de beschadiging en vernietiging van die cellen door β -straling. Daardoor daalt het aantal werkende schildkliercellen, met als gevolg een normale of zelfs verlaagde schildklierfunctie. Voor deze behandeling wordt gewoonlijk minder dan 1000 MBq ^{131}I toegediend.

De opname van jodium door de hyperactieve schildklier ligt bij 50-70%, afhankelijk van de mate van hyperfunctie en de normale dagelijkse jodiumopname via de voeding. De benodigde blootstelling van de schildklier hangt af van de ernst van de hyperthyreoïdie en kan enkele orden van grootte uiteenlopen.

Herhaalde toediening van een kleine activiteit (100 MBq) is niet heilzaam voor de patiënt en kan ertoe leiden dat de hyperthyreoïdie niet goed behandeld wordt. Bij ouderen moet dit worden vermeden in verband met de schadelijke gevolgen van een overmaat aan schildklierhormonen voor hart en bloedvaten. Bovendien betekent gefractioneerde toediening dat in totaal meer activiteit moet worden toegediend om het gewenste resultaat te bereiken, hetgeen leidt tot hogere cumulatieve doses voor de patiënt en diens familie en vrienden. Gefractioneerde behandeling, zoals soms toegepast om ziekenhuisopname te vermijden, kan daarom niet gerechtvaardigd worden.

II.2.1.2 Euthyreoid struma

Sommige vormen van struma (krop) zijn euthyreoid, wat betekent dat de schildklier vergroot is maar volgens de klinische en biochemische parameters nog normaal functioneert. Deze kropgezwollen kunnen echter vanwege hun grotere volume andere organen of weefsels verdringen. Een van de mogelijke therapieën is het vernietigen van schildklierweefsel met behulp van radioactief jodium. Gezien de grote omvang van de schildklier kunnen hier echter hoge activiteiten, tot wel 3000 MBq ^{131}I voor nodig zijn. Als de behandeling slaagt, kan een operatie worden vermeden.

II.2.1.3 Schildklierkanker

Bij schildklierkanker is operatie de eerste keuze. Vaak is het echter onmogelijk om al het kankerweefsel te verwijderen en kunnen zich metastasen ontwikkelen. Daarom wordt ook na operatie doorgaans een behandeling met radioactief jodium uitgevoerd om de resterende kankercellen te doden.

Kankercellen in de schildklier verliezen gedeeltelijk hun vermogen om jodium op te nemen en ook is het organificatieproces verstoord. Als gevolg hiervan is de jodiumopname in schildklierkankercellen geringer dan in gezond schildklierweefsel. In sommige lidstaten wordt na chirurgische verwijdering van het kankerweefsel eerst een activiteit van ongeveer 3000 MBq toegediend om de schildklierresten te vernietigen. Daarna is een veel grotere hoeveelheid, tot 8000 MBq ^{131}I , nodig om eventuele metastasen te behandelen. Als er na de operatie geen gezond weefsel meer over is, maar nog wel metastasen, worden onmiddellijk hoge activiteiten toegediend. In beide gevallen kan herhaalde behandeling nodig zijn.

Aangezien na operatie nog maar een geringe hoeveelheid schildklierweefsel over is en de opname verstoord is, zal slechts een klein gedeelte van de toegediende activiteit worden opgenomen. Wanneer het schildklier- of tumorweefsel het jodium niet concentreert, wordt gewoonlijk circa 80% van de toegediende activiteit binnen 48 uur uitgescheiden (zie figuur II.1). Als 5000 MBq wordt toegediend ter behandeling van schildkliercarcinoom, is de restactiviteit in de patiënt na 48 en 72 uur kleiner dan 1000 MBq, respectievelijk 750 MBq. Bij kankerpatiënten met een groot totaalvolume aan metastasen kan de uitscheiding veel langer duren.

II.3 Door familie, vrienden en derden ontvangen doses

Als de (rest-)activiteit van een patiënt die naar huis gaat 400 MBq ^{131}I of minder is, zal de dosis voor familie en vrienden, mits zij de gegeven instructies zorgvuldig in acht nemen, vrijwel altijd lager liggen dan 1 mSv (zie hoofdstuk 5).

Er kunnen zeven belangrijke blootstellingsroutes voor familie en vrienden (medische blootstelling) en derden, bv. taxichauffeurs, mensen op het werk, voorbijgangers enz. (blootstelling van de bevolking), worden onderscheiden:

- 1 uitwendige bestraling van personen die zich in de buurt van de patiënt bevinden;
- 2 inwendige besmetting van personen in de buurt van de patiënt door inademing van ^{131}I -aërosols die door de patiënt worden uitgedemd;
- 3 inwendige besmetting van personen in de buurt van de patiënt door uitgescheiden ^{131}I via direct contact, inademing of inslikken;
- 4 inwendige besmetting van derden door ^{131}I dat hen bereikt via de riolering of door directe lozing in het oppervlaktewater;

- 5 uitwendige bestraling van derden in noodsituaties, zoals urgente genees- of heelkundige behandeling van de patiënt;
- 6 inwendige besmetting van derden via de as van het gecremeerde lijk;
- 7 externe bestraling van derden wanneer obductie wordt verricht of het lijk van de patiënt wordt afgelegd, begraven of gecremeerd.

Route 1 of 7 kan tot tamelijk hoge doses leiden. Route 2 wordt niet altijd onderkend, maar kan een aanzienlijke dosis veroorzaken, niet alleen voor mensen in de onmiddellijke nabijheid van de patiënt, maar voor iedereen die zich in dezelfde ruimte bevindt. Goede ventilatie kan hierbij van nut zijn. Onder normale omstandigheden, als de patiënt niet incontinent is en kan urineren zonder daarbij te morsen, zijn de doses via route 3 zo'n twee orden van grootte kleiner dan die van route 1 of 7; in andere gevallen moet deze route in aanmerking genomen worden. Daar jodium-131 een fysische halveringstijd van 8 dagen heeft, is route 4 te verwaarlozen. Route 5 kan tot een relatief hoge dosis leiden, dus als deze situatie zich voordoet moet advies ingewonnen bij de verantwoordelijke stralingsbeschermingsdeskundige. Route 6 leidt niet tot een significante dosis aangezien al het jodium in de lucht verstrooid zal worden. Er is geen noodzaak om crematie te ontraden.

Geconcludeerd kan worden dat de rechtstreekse uitwendige bestraling door de patiënt en de uitademing van ¹³¹I in de meeste omstandigheden een significante dosis voor andere personen kunnen opleveren. Deze blootstellingsroutes moeten voorkomen, beperkt en zo mogelijk onder controle gehouden worden.

Voor het berekenen van de doses na jodiumopname kunnen de dosisconversiecoëfficiënten van tabel II.1 worden gebruikt.

Tabel II.1 Dosisconversiecoëfficiënten in Sv/Bq voor inademing en inslikken, gebaseerd op ICRP-publicatie 72 [ICR96]

Leeftijdsgroep	Inademing [Sv/Bq]	Inslikken [Sv/Bq]
< 1 jaar	$7,2 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-7}$
1 - 2 jaar	$7,2 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-7}$
2 - 7 jaar	$3,7 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-7}$
7 - 12 jaar	$1,9 \times 10^{-8}$	$5,2 \times 10^{-8}$
12 - 17 jaar	$1,1 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-8}$
volwassenen	$7,4 \times 10^{-9}$	$2,2 \times 10^{-8}$

Tabel II.2 bevat een aantal benaderende conversies voor de maximale cumulatieve uitwendige effectieve dosis voor mensen die worden blootgesteld aan patiënten die ¹³¹I in hun lichaam hebben; het maximum wordt geaccumuleerd over het tijdsverloop tussen het ontslag van de patiënt uit het ziekenhuis en het volledige verval van het radiojood. Ter bepaling van het maximum is ervan uitgegaan dat de aan de patiënt blootgestelde persoon gedurende die hele periode voortdurend, dag en

nacht, zich op een afstand van 1 m tegenover de patiënt bevindt. In werkelijkheid is dit doorgaans niet het geval.

Tabel II.2 Maximale cumulatieve uitwendige effectieve dosis [mSv] voor andere personen* op 1 m afstand van met jodium behandelde patiënten, afhankelijk van de effectieve halveringstijd in het lichaam van de patiënt. Ter bepaling van het maximum is ervan uitgegaan dat de aan de patiënt blootgestelde persoon gedurende die hele periode voortdurend, dag en nacht, zich op een afstand van 1 m tegenover de patiënt bevindt.

Effectief dosistempo op 1 m afstand*** [$\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$]	Geschatte (rest-)activiteit in het lichaam** [MBq]	Maximale cumulatieve uitwendige effectieve dosis voor andere personen afhankelijk van de effectieve halveringstijd van het in het lichaam van de patiënt nog aanwezige ^{131}I		
		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

* De equivalente AP-waarden voor kinderen zijn ongeveer een factor 1,1 maal zo groot (ICRP-74) [ICR96].

** Dit is hetzij de toegediende activiteit in geval van poliklinische patiënten, hetzij de restactiviteit op het moment van ontslag van een klinisch behandelde patiënt. In het eerste geval zijn er twee uitscheidingsfasen met verschillende halveringstijden.

*** Sommige dosimeters registreren het kermatempo in lucht in mGy/h. Dat kan in dit geval gelijk gesteld worden aan het effectieve dosistempo.

Mensen die zich in de nabijheid van de patiënt bevinden, kunnen ruwweg in twee groepen worden verdeeld, namelijk “familie en vrienden” en “derden”. De groep “familie en vrienden”, waaronder ook bezoekers vallen, kan verder worden onderverdeeld in zes categorieën: zwangere vrouwen, kinderen tot en met 2 jaar, kinderen tussen 3 en 10 jaar, partners, partners ouder dan 60 jaar en anderen.

Deze categorieën zijn zo gekozen omdat i) ongeboren kinderen en kinderen tot en met 10 jaar oud gevoeliger zijn voor het ontstaan van kanker door straling, ii) kleine kinderen tot zo’n 2 jaar vaak meer lichamelijk contact met hun ouders hebben, en iii) mensen boven de 60 jaar waarschijnlijk minder gauw kanker zullen krijgen als gevolg van ioniserende straling. Deze verschillen zijn in het bijzonder van belang voor de instructies over de manier waarop men zich moet gedragen.

II.3.1 Schattingen van de dosis voor familie en vrienden

II.3.1.1 Behandeling van hyperthyreoïdie

Schattingen voor minimale, maximale en gemiddelde doses worden in de literatuur gegeven en zijn gebaseerd op metingen of berekeningen (Bertil Arvidsson [Arv96], Thomson en Harding [Tho95]) en O’Doherty [ODO94] van de doses voor personen die zich in de buurt van mensen bevinden die voor hyperthyreoïdie behandeld zijn.

Uit tabel IV.1 van bijlage IV blijkt dat globaal de doses als gevolg van de restactiviteit (kolom D) ongeveer tweemaal zo groot zijn als die ten gevolge van dezelfde hoeveelheid recent toegediende activiteit (kolom B). Tabel IV.2 in bijlage IV bevat andere gegevens uit dezelfde literatuur. Ten behoeve van dit document zijn de doses in deze tabel genormaliseerd op een restactiviteit in het lichaam van 400 MBq ten tijde van het ontslag, of is, bij poliklinische patiënten, de toediening genormaliseerd op 400 MBq restactiviteit met gebruikmaking van een factor 2 op basis van tabel IV.1.

Op basis van de bovengenoemde hoeveelheden kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- de doses waarbij geen restrictie (zoals op afstand blijven) werd opgelegd, lopen uiteen van 20 tot veel minder dan 1 mSv;
- als mensen de voorgestelde instructies volgen, zullen de doses over de hele periode na het ontslag zelden hoger zijn dan 1 mSv.

II.3.1.2 Behandeling van schildklierkanker

De in de lidstaten gehanteerde niveaus bij ontslag zijn gebaseerd op restactiviteiten die worden geraamd aan de hand van het kerntempo in lucht. Na behandeling voor schildklierkanker liggen de niveaus bij ontslag tussen 5 en 40 $\mu\text{Sv/h}$ op 1 meter van enig punt van het lichaam (zie hoofdstuk 5). Wat deze behandelingen betreft is er geen literatuur beschikbaar over de gemeten doses voor personen thuis na het ontslag van de patiënt uit het ziekenhuis. De berekende doses voor familie en vrienden hangen af van de gebruikte methode en van aannamen omtrent het gedrag. Beekhuis e.a. [Bee92] hebben berekend dat met een restactiviteit van 400 MBq in het lichaam op het tijdstip van ontslag een persoon die voortdurend op 1 meter afstand van de patiënt is, een totale dosis zal ontvangen van ongeveer 5 mSv. Deze dosis zal een minstens een factor 5 tot 10 kleiner zijn voor respectievelijk kinderen en derden als uitgegaan wordt van een meer realistisch gedrag.

De doses voor andere personen als gevolg van een bepaalde restactiviteit in een ontslagen patiënt die voor schildklierkanker is behandeld, stemmen niet per definitie overeen met de doses als gevolg van een even grote toegediende activiteit bij een poliklinische patiënt die voor hyperthyreoïdie is behandeld. Dit komt doordat de snelle uitscheidingsfase in het eerste geval voorbij is voordat de patiënt het ziekenhuis verlaat en ook doordat de uitscheidingsstempo's in de langzame fase verschillen (zie figuur II.1).

III. DOSIMETRISCHE ASPECTEN VAN ^{131}I -THERAPIE

III.1 Blootstelling van anderen als gevolg van doordringende straling van ^{131}I in het lichaam van patiënten

De doordringende gammastraling van ^{131}I in het lichaam van een patiënt kan leiden tot uitwendige blootstelling van personen die zich in de nabijheid van de patiënt bevinden. Het uitwendige dosistempo kan worden gemeten met een ionisatiekamer, waarna de gemeten waarde wordt omgezet in een equivalent dosistempo op het gegeven tijdstip. Voor het gemeten dosistempo wordt doorgaans de grootste uitslag genomen op de plaats waar de opname in de patiënt het grootst is. Voor een thyreotoxicosepatiënt is dat gewoonlijk ter hoogte van de schildklier, maar voor een patiënt die voor metastasen van schildklierkanker is behandeld, kan dit elders in het lichaam zijn.

Is een meting niet mogelijk, dan kan een bovengrens van het uitwendige dosistempo worden geschat aan de hand van de verwachte restactiviteit in de patiënt op een gegeven tijdstip met gebruikmaking van de waarde $66 \text{ m}^2 \mu\text{Sv h}^{-1} \text{ GBq}^{-1}$ als dosistempoconstante van een puntbron van ^{131}I . Deze constante geeft de equivalente omgevingsdosis op 1 m van een puntbron van ^{131}I met een sterkte van 1 GBq. In de praktijk is de met de puntbron berekende waarde groter dan de werkelijke waarde, doordat de bron diffuser is en er in de patiënt enige verzwakking plaatsvindt. De equivalente omgevingsdosis is bedoeld om de effectieve dosis onder uiteenlopende omstandigheden te schatten.

III.2 Geabsorbeerde doses in patiënten

De geabsorbeerde dosis voor de patiënt hangt af van de activiteit van de toegediende radionuclide, de fysische eigenschappen daarvan (aard en energie van de emissies en fysische halveringstijd) en de chemische eigenschappen, en van de pathologie van de patiënt (die bepalend is voor de verdeling en retentie van het radioactieve materiaal in het lichaam).

III.3 Geabsorbeerde dosis voor organen

^{131}I zendt bij verval steeds zowel bètadeeltjes als gammastraling uit. De bètadeeltjes zijn zogenoemde niet-penetrerende deeltjes, die hun energie over een tamelijk korte weglengte in het menselijk weefsel afgeven. De gammastraling is indirect ioniserende straling en is doordringender, maar de secundaire elektronen die daardoor worden geproduceerd geven hun energie over een korte weglengte af. Deze energieafgifte leidt tot geabsorbeerde doses in de organen waarin de radionuclide zich bevindt en de aangrenzende organen in het lichaam van de patiënt.

Hoewel de grootte en de verdeling van de door niet-geïncapsuleerde bronnen afgegeven inwendige dosis niet nauwkeurig bepaald kan worden, blijken de experimentele en berekende geabsorbeerde doses bij vergelijking binnen 20 tot 60% overeen te stemmen, wat althans voor stralingsbeschermingsdoeleinden voldoende is (ICRP-53) [ICR87].

Voorbeelden van de geabsorbeerde dosis voor verschillende organen van een patiënt die ^{131}I als natriumjodide (NaI) toegediend heeft gekregen, zijn in tabel III.1 aangegeven, waarbij uitgegaan is van een relatief eenvoudig model met twee percentages voor de aanvankelijke opname in de schildklier [ICRP-53]. De geabsorbeerde dosis per eenheid van activiteit voor de schildklier is vetgedrukt. Volgens tabel II.2 zou de schildklierdosis voor een volwassen patiënt die voor thyreotoxicose wordt behandeld ongeveer 300 Gy zijn, uitgaande van een opname van 55% van een toegediende activiteit van 400 MBq voor een schildklier van 20 g. In de praktijk zal dit iets minder zijn als rekening wordt gehouden met de iets lagere effectieve halveringstijd voor hyperthyreoïdiepatiënten.

Tabel III.1 Voorbeelden van de geabsorbeerde dosis voor verschillende organen per eenheid van activiteit Na^{131}I , toegediend aan normale volwassenen met een schildklier van 20 g in mGy MBq^{-1} [ICRP-53] (ICR87), afhankelijk van de opname

Orgaan	15% opname	55% opname
Blaaswand	5,2E-01	2,9E-01
Borst	4,3E-02	9,1E-02
Maagwand	4,6E-01	4,6E-01
Dunne darm	2,8E-01	2,8E-01
Longen	5,3E-02	1,3E-01
Eierstokken	4,3E-02	4,1E-02
Rood beenmerg	5,4E-02	1,2E-01
Testes	2,8E-02	2,6E-02
Schildklier	2,1E+02	7,9E+02

IV. BEREKENDE EN GEMETEN DOSES VOOR PERSONEN IN DE OMGEVING VAN HYPERTHYREOÏDIEPATIËNTEN

Schattingen voor minimale, maximale en gemiddelde doses worden in de literatuur gegeven en zijn gebaseerd op metingen of berekeningen (Bertil Arvidsson [Arv96], Thomson en Harding [Tho95] en O'Doherty [ODo94]) van de doses voor personen die zich in de buurt van mensen bevinden die voor hyperthyreoïdie behandeld zijn.

Uit tabel IV.1 blijkt dat globaal de doses als gevolg van restactiviteit (kolom D) ongeveer tweemaal zo groot zijn als die ten gevolge van dezelfde hoeveelheid recent toegediende activiteit (kolom B). Tabel IV.2 bevat andere gegevens uit dezelfde literatuur. Ten behoeve van dit document zijn de doses in deze tabel genormaliseerd op een restactiviteit in het lichaam van 400 MBq ten tijde van het ontslag, of is, voor poliklinische patiënten, de toediening genormaliseerd op 400 MBq restactiviteit met gebruikmaking van een factor 2. Er zij op gewezen dat de doses slechts benaderingen zijn, aangezien zij afhangen van de opname en retentie.

In tabel IV.2 is te zien dat de mediane niveaus met geringe restricties in kolom A ongeveer even groot zijn als de mediane niveaus met uitgebreide restricties in kolom D. En ook liggen de maxima (met geringe restricties) in kolom B dicht bij de maximale berekende waarden zonder restricties in kolom E.

De gemeten mediane waarden met geringe restricties zijn waarschijnlijk het resultaat van “normaal” gedrag van de mensen. Uit kolom B blijkt echter dat bepaalde gedragingen tot veel grotere doses kunnen leiden.

Daarom moeten de instructies worden gebaseerd op de maximale waarden in de kolommen B en E.

Tabel IV.1 Totale doses als gevolg van toegediende activiteit (kolom A en B) of restactiviteit (kolom C en D) van 400 MBq, geëxtrapoleerd van metingen over 1 week tot oneindig. De patiënten waren op de hoogte gesteld van de belangrijkste voorzorgen die zij moesten nemen. Alle waarden zijn afgerond en genormaliseerd op een toegediende of restactiviteit ten tijde van het ontslag van 400 MBq (Bertil Arvidsson [Arv96]).

Doses geëxtrapoleerd van metingen over 1 week Met uitgebreide restricties gedurende 1 week [Arv96] [mSv]					
		Toegediende activiteit 400 MBq		Restactiviteit 400 MBq	
		Interval	Mediaan	Interval	Mediaan
Blootgestelde personen		A	B	C	D
Zuigelingen	0-2 j	0,6 - 0,9	0,7	0,8 - 1,6	1,3
Kinderen	3-10 j	0,1 - 1,5	0,3	0,2 - 4,9	0,6
Partners	< 60 j	0,3 - 3,1	0,7	0,7 - 5,6	1,4
	60 j	1,4 - 1,5	1,4	2,0 - 3,1	2,5
Andere volwassenen		0,2 - 0,5	0,3	0,4 - 1,0	0,6

Tabel IV.2 Gemeten en berekende totale doses als gevolg van de toediening van ^{131}I , genormaliseerd op een restactiviteit van 400 MBq (kolom D, E en F), geëxtrapoleerd van metingen over 2 maanden en 1 week of berekend tot oneindig. Alle waarden zijn afgerond en gebaseerd op de aangegeven referenties. Alle waarden zijn afgerond en genormaliseerd op een toegediende of restactiviteit ten tijde van het ontslag van 400 MBq (Thomson en Harding [Tho95], O’Doherty [ODo94] en Bertil Arvidsson [Arv96]).

		Mediane/maximale doses, geëxtrapoleerd van metingen tot 2 maanden [Tho95]		Doses geëxtrapoleerd van metingen over 1 week ^b [Arv96]		Doses berekend tot oneindig [ODo94]	
		Met geringe restricties^d gebaseerd op 400 MBq restactiviteit [50% retentie aangenomen] [mSv]		Met uitgebreide restricties gedurende 1 week restactiviteit 400 MBq [mSv]		Zonder restricties gebaseerd op 400 MBq restactiviteit ^a [mSv]	
		Mediaan	Maximum ^c	Interval	Mediaan		
		A	B	C	D	E	
Blootgestelde personen							
Zuigelingen	0-2 j	2	20	0,8 - 1,6	1,3	20 ^c	
Kinderen	3-10 j	1,0	8	0,2 - 4,9	0,6	6-11.5	
Partners	< 60 j	8	24	0,7 - 5,6	1,4	18,5	
	60 j			2,0 - 3,1	2,5		
Andere personen		2	6	0,4 - 1,0	0,6	2,2	

Noten: zie volgende bladzijde.

Noten bij tabel IV.2

- a Totale toegediende dosis 600 MBq met 66% retentie, wat hier gelijkgesteld wordt aan 400 MBq restactiviteit.
- b Als de restricties worden aangehouden totdat alle activiteit in het lichaam is verdwenen, veranderen deze cijfers niet significant, behalve voor zuigelingen (mediaan 0,4 mSv)
- c De geschatte dosis voor een zuigeling die gedurende de hele “behandelingsperiode” flesvoeding krijgt, is 5 tot 7 mSv bij een toegediende activiteit van ongeveer 800 MBq, onder de aanname dat er 5 uur per etmaal nauw contact is.
- d Er zijn algemene instructies gegeven; dit leidde tot normaal gedrag waarbij af en toe werd verzorgd.
- e Maximum betekent dat de waarde een uitschieter zou kunnen zijn.

Referenties

- 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 druk) (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

SAMENVATTING

Zowel in de Basisnormenrichtlijn (96/29/Euratom) als in de Richtlijn medische blootstelling (97/43/Euratom) zijn eisen opgenomen betreffende de bescherming van personen die anders dan beroepshalve worden blootgesteld bij het helpen of ondersteunen van patiënten die medische blootstelling ondergaan. Deze handleiding gaat over jodium-131-therapie. Behandeld worden fysische gegevens over de radionuclide, de gevolgen daarvan voor de mens en mogelijke manieren om dosisbeperkingen op te stellen voor familie en vrienden van de patiënt en voor derden. Ook somt de handleiding een aantal belangrijke punten op waarmee medisch deskundigen rekening moeten houden als zij patiënten met jodium-131 behandelen en worden praktische voorbeelden gegeven voor het instrueren van patiënten en hun familie en vrienden hoe zij zich het best kunnen gedragen. Er zijn vier bijlagen die uitvoeriger ingaan op specifieke onderwerpen die in het document ter sprake komen.