

PUBLICATIE VAN DE HOGE GEZONDHEIDSRAAD nr. 8277**Informatie inzake stralingsbescherming voor het personeel rechtstreeks of onrechtstreeks betrokken bij de nucleaire geneeskunde in vivo**

This report proposes information tools for all healthcare practitioners involved to some extent with nuclear medicine patients, from the departments themselves to other caregivers and technical staff.

8 mei 2013

SAMENVATTING

Voor het personeel in de nucleaire geneeskunde, maar vooral voor de verschillende betrokken personen in het gezondheidssysteem is het soms moeilijk om te weten hoe ze best omgaan met patiënten die radionucliden hebben ontvangen voor medisch-diagnostische doeleinden. De dosissen zijn in het algemeen beperkt en hoeven geen aanleiding te geven tot vrees. Het verstrekken van informatie is absoluut noodzakelijk: enerzijds om de doelgroepen in kennis te stellen van eventueel te ondernemen acties en anderzijds om, indien nodig, de begrijpelijke angst te beperken die door een gebrekkige kennis of weinig zelfvertrouwen over dergelijke praktijken veroorzaakt wordt. Het doel van het rapport is naast het toelichten van de algemene principes in het eerste deel, het aanreiken van eenvoudige en praktische instructies aan de verschillende doelgroepen: het nucleair geneeskundig personeel, het ander zorgpersoneel in het ziekenhuis, het aanverwant personeel, dat in contact met patiënten of diensten komt, met inbegrip van brancardiers, externe werknemers en onderhoudspersoneel. Tot slot is er een belangrijk deel gewijd aan de verwijzende of behandelende geneesheren om hen van de praktijkvoering bewust te maken, die uiteen te zetten en in de juiste context te plaatsen. In de bijlage bevinden zich voorbeeldfiches voor elk van bovenstaande doelgroepen, die door de diensten nucleaire geneeskunde in ons land als communicatief en informatief middel kunnen worden aangewend en aangepast.

Sleutelwoorden

Keywords	Mesh terms *	Sleutelwoorden	Mots clés	Stichworte
	Nuclear Medicine	Nucleaire geneeskunde	Médecine nucléaire	
	Ionizing radiation	Ioniserende stralen	Radiations ionisantes	
	Information	Informatie	Information	
	Radiation exposure	Stralingsblootstelling	Exposition aux radiations	
	Radiopharmaceuticals	Radiofarmaca	Radiopharmaceutiques	
	Diagnosis	Diagnose	diagnostic	

* MeSH (Medical Subject Headings) is the NLM controlled vocabulary thesaurus used for indexing articles for PubMed.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING EN VRAAGSTELLING	5
3	UITWERKING EN ARGUMENTATIE	8
3.1	ALGEMENE PRINCIPES	8
3.1.1	Definitie van nucleaire geneeskunde	8
3.1.2	Aard en omvang van het risico in nucleaire geneeskunde	8
3.1.2.1	Type stralingen:.....	8
3.1.2.2	Blootstellingsrisico's	9
3.1.2.3	Blootstellingsgevolgen	9
3.1.2.4	Dosislimieten	10
3.1.3	Voorzorgsprincipes	11
3.1.4	Grote pijlers van stralingsbescherming	11
3.1.5	Praktische principes voor stralingsbescherming	12
3.2	Betrokken personen	13
3.2.1	Vorming van personeel in stralingsbescherming.....	14
3.2.1.1	Informatie en vorming inzake stralingsbescherming van mogelijk blootgesteld personeel	14
3.2.1.2	Basisopleiding van het personeel inzake stralingsbescherming van patiënten	16
3.2.2	Verantwoordelijkheid en vorming van verwijzende geneesheer en/of behandelende geneesheer.....	18
3.2.2.1	Rechtvaardiging en gedeelde verantwoordelijkheid.....	18
3.2.2.2	Optimalisering	18
3.2.2.3	Opleidingsmodaliteiten	19
3.2.3	Operationele en praktische aspecten (brochures)	19
3.2.3.1	Personeel in de nucleaire geneeskunde en aanverwant personeel.....	20
3.2.3.2	Verzorgend en aanverwant personeel buiten de nucleaire geneeskunde	25
3.2.3.2.1	De brancardiers	25
3.2.3.2.2	Personeel van medisch-technische diensten.....	26
3.2.3.2.3	Personeel van de verpleegeenheden	29
3.2.3.3	Interveniërende buitenstaanders.....	32
3.2.3.3.1	De externe technici in de dienst nucleaire geneeskunde (elektriciens, loodgieters, enz.).....	32
3.2.3.3.2	Het onderhoudspersoneel.....	34
3.2.3.4	Verwijzende arts: "Informatie over de praktische aspecten van de bescherming van patiënt en publiek"	36
4	REFERENTIES	39
5	BIJLAGEN	40
6	AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK.....	67
7	SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP	67
	Over de Hoge Gezondheidsraad (HGR)	68

AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

ALARA: as low as reasonably achievable

ARBIS: Algemeen reglement op de bescherming tegen ioniserende stralingen

Bq (MBq, GBq): becquerel (megabecquerel, gigabecquerel)

Ci (mCi): curie (millicurie)

eV (keV, MeV): electronvolt (kilo-electronvolt, mega-electronvolt)

FANC: Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle

FDG: (¹⁸F)-fluoro-2-deoxy-D-glucose

FOD-VG-VVL: Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu

Gy (mGy): gray, milligray

HGR: Hoge Gezondheidsraad

IDPBW: Interne dienst voor preventie en bescherming op het werk

MRI: Magnetic Resonance Imaging

PET: Positron emission tomography (positronemissietomografie)

RIZIV: Rijksinstituut voor Ziekte- en Invaliditeitsverzekering

SPECT: Single-photon Emission computerized tomography

Sv (mSv, μ Sv): sievert (millisievert, microsievert)

WGO: Wereldgezondheidsorganisatie

x-CSF: Colony stimulating factors (x wijst op de specificiteit: G voor granulocyte, M voor macrofaag, GM voor granulocyte-macrofaag ...)

1 INLEIDING EN VRAAGSTELLING

Het gebruik van ioniserende stralingen voor medische doeleinden heeft al geruime tijd zijn nut bewezen, voor zowel diagnostische toepassingen in de radiologie en nucleaire geneeskunde als voor therapeutische toepassingen met externe radiotherapie en in de nucleaire geneeskunde de zogenaamde metabole therapie door middel van niet-ingekapselde bronnen. De blootstelling van personen (personeel en publiek) aan ioniserende stralingen houdt echter een aantal risico's in, in deze toepassingsdomeinen gewoonlijk beperkt. De omvang van deze risico's is vaak niet gekend of wordt door de verschillende betrokken personen slecht ingeschat. Om de risico's zo laag mogelijk te houden, is het belangrijk om elke betrokkene juist te informeren over de aard en de omvang ervan. De algemene vaardigheid in stralingsbescherming wordt wel bevorderd, hoewel op een soms onvoldoende wijze in de diensten nucleaire geneeskunde, maar blijft erg beperkt buiten de diensten, terwijl er gelijkaardige risico's kunnen optreden.

Het doel van dit verslag is praktische maatregelen voor te stellen als aanvulling op de wetgeving¹ en meer toespitst op de praktische aspecten die soms niet duidelijk omschreven zijn. Er wordt regelmatig naar deze wetgeving verwezen om voornamelijk diegenen te helpen die zich van ver of dichtbij betrokken voelen bij het gebruik van radionucliden voor diagnostische doeleinden in de nucleaire geneeskunde. Bovendien werd er ter ondersteuning van het standpunt over de optimale bescherming van de meest blootgestelde werknemers, namelijk de technologen en verpleegkundigen, een terreinstudie uitgevoerd. Er werd hierbij een enquête afgenomen bij een aantal diensten nucleaire geneeskunde over de dosissen die het personeel ontvangt (Bijlage 1).

Het advies berust op het oordeel van deskundigen van de werkgroep nucleaire geneeskunde van de Hoge Gezondheidsraad (HGR) en op het wettelijk kader dat hoofdzakelijk steunt op het KB van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (ARBIS) [1].

¹ KB van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (ARBIS) [1].

2 ADVIES

1. De HGR stelt vast dat het personeel dat buiten de diensten nucleaire geneeskunde werkt en dat occasioneel kan worden blootgesteld, in het algemeen slecht geïnformeerd is en mogelijks onvoldoende beschermd. Dit kan totaal omgekeerde gevolgen hebben. Een aantal personen die mogelijk worden blootgesteld, hebben een slechte kennis over de eventuele risico's en de eenvoudig toe te passen beschermingsmaatregelen: er moet hen gepaste informatie en vorming worden aangeboden. Door gebrek aan informatie ontwikkelen en verspreiden een aantal zorgverstrekkers angst. Dit kan de nucleaire geneeskunde in diskrediet brengen met soms ongemakken voor de patiënten tot gevolg. Ook hier kan een optimale organisatie van de stralingsbescherming met de correcte informatie dit probleem wat betreft de kennis daaromtrent beperken.
2. De HGR ondersteunt eveneens elk inlichtinggevend initiatief dat op een eenvoudige en/of picturale wijze de aandacht vestigt op eenvoudige handelingen en reflexen om zich te beschermen tegen ioniserende stralingen uit niet-gekapselde bronnen. In de bijlage bevinden zich hier enkele voorbeelden van. De informatiekanalen zijn bij voorkeur de wetenschappelijke verenigingen, het FANC, de FOD VVVL, maar ook binnen elke ziekenhuisinstelling, naast de diensten nucleaire geneeskunde, de dienst bevoegd voor fysische controle en de interne dienst voor preventie en bescherming op het werk, IDPBW. Er zal dan ook contact worden opgenomen met het directoraat van de zorginstellingen om het op de hoogte te brengen van dit verslag. In het algemeen is het belangrijk dat het directoraat van de zorginstellingen zich bewust is van zijn wettelijke verantwoordelijkheden op het vlak van de bescherming en het optimaal inlichten van het personeel.
3. De HGR erkent dat in het algemeen de vormingscriteria voor het personeel in de nucleaire geneeskunde streng en adequaat zijn. Problematisch zijn het onvoldoende aantal technologen met het diploma technoloog in de medische beeldvorming en de moeilijkheden die de hogescholen in beide gemeenschappen ervaren om dit aan te pakken. Een inspanning op het vlak van organisatie en coördinatie tussen het federale niveau (voor de erkenning van de beroepstitel, DG2) en het niveau van de deeltentiteiten is onontbeerlijk. De HGR adviseert dat de stakeholders, die in principe in een Technische commissie voor paramedische beroepen van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu (FOD VVVL) vertegenwoordigd worden, eveneens betrokken worden.
4. De HGR is verontrust over het gebrek aan bijkomende opleidingen (50 u.) voor technologen of verpleegkundigen die zonder een specifiek diploma medische beeldvorming in de nucleaire geneeskunde werken, wegens de schaarste aan bovenvermeld personeel. Zowel theoretische als praktische opleidingen over de drie relevante activiteiten (radiologie, nucleaire geneeskunde en radiotherapie) moeten in beide landstalen gegeven worden en tot een persoonlijk attest van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) leiden. Deze opleidingen vallen onder de missie, maar niet onder de verplichting van hogescholen, universiteiten, beroeps- of wetenschappelijke verenigingen. Daarnaast moeten natuurlijk ook de wettelijk vereiste

specifieke opleidingen georganiseerd worden (bijkomende 10 u.) voor nucleaire geneeskunde en radiotherapie.

5. De HGR meent dat de opleiding voorzien in artikel 25 van het ARBIS voor een optimale bescherming van de werknemers kan worden verbeterd door ze operationeler en dynamischer te maken.
6. De HGR betreurt dat de faculteiten geneeskunde weinig belang hechten aan medische beeldvorming en nucleaire geneeskunde in het bijzonder, in het curriculum voor de toekomstige artsen, terwijl deze bij uitstek diegenen zijn die de onderzoeken met behulp van ioniserende stralingen zullen voorschrijven. De vorming in stralingsbescherming is doorgaans dan ook zeer beperkt. Het is cruciaal om principes van rechtvaardiging en optimalisering te ontwikkelen en de HGR bemoedigt elk eventueel en idealiter gezamenlijk initiatief in deze materie van de FOD VVVL, het FANC en het Rijksinstituut voor Ziekte- en Invaliditeitsverzekering (RIZIV) in overleg met de faculteiten. In het bijzonder, naast een verplichte opleiding tijdens de masterjaren geneeskunde zou een vorm van accreditatie van elke arts in de stralingsbescherming een te volgen denkspoor kunnen zijn. Hierbij rekening gehouden dat de accreditatie bij het RIZIV niet verplicht is.
7. De HGR is opgetogen over de technische studies naar het blootstellingsniveau van het personeel in de nucleaire geneeskunde en over de praktische aanbevelingen die hieruit konden voortvloeien. Het is nu van belang dat deze informatie zo breed mogelijk verspreid wordt. Naast de blootstelling van het volledige lichaam, moet er een bijzondere aandacht uitgaan naar de adequate monitoring van de blootstelling van extremiteiten die zeer hoog kan zijn (of zelfs de dosislimieten kan overschrijden) voor het personeel dat de radioactieve bronnen rechtstreeks manipuleert en naar het aanwenden van middelen om de blootstelling hierdoor te beperken.
8. De HGR stelt vast dat indien de patiënt en zijn begeleider over stralingsbescherming geïnformeerd worden dit niet op uniforme wijze gebeurt. Een inspanning van het FANC, in overleg met de wetenschappelijke en beroepsverenigingen in deze materie wordt aangeraden. De HGR is bereid om hieraan mee te werken.
9. Op dit ogenblik brengt de HGR geen adviezen en aanbevelingen uit die specifiek gericht zijn op het publiek zoals bepaald door het ARBIS. Niet omdat deze doelgroep niet belangrijk is, verre van, maar omdat er andere initiatieven zijn die uitgaan van het FANC en de FOD VVVL. Het zou dus niet opportuun zijn om nieuwe aanbevelingen te doen zonder rekening te houden met de zaken die al in beweging zijn (bv. de sensibiliseringscampagne van de FOD VVVL die in juni 2012 van start ging en op de website <http://www.zuinigmetstraling.be> te raadplegen is).

3 UITWERKING EN ARGUMENTATIE

3.1 ALGEMENE PRINCIPES

3.1.1 Definitie van nucleaire geneeskunde

Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie, WGO, is nucleaire geneeskunde het gebruik van niet-gekapselde radioactieve bronnen voor medische doeleinden. Hiermee worden de bronnen bedoeld die een verspreidingsrisico inhouden in het medisch milieu en de omgeving in het algemeen. In de nucleaire geneeskunde in vivo worden ze aan de patiënten via inspuiting, oraal of lokaal toegediend. De patiënt wordt na het ontvangen van het radionuclide drager van een “mobiele radioactieve bron”. Het gaat voornamelijk om diagnostische toepassingen, maar er bestaat ook een therapeutisch luik, meestal aangeduid met de term *metabole therapie*². In dit geval worden radionucliden (al dan niet gekoppeld aan een drager) gebruikt om ziekten te behandelen. Dankzij hun unieke eigenschap te worden opgenomen in het metabolisme van de te behandelde cellen of weefsels. Een andere vorm van het gebruik van radionucliden bestaat uit het lokaal inspuiten (in een natuurlijke holte van het lichaam, in een weefsel, rechtstreeks of intravasculair) van een hoeveelheid radionucliden om het te behandelen weefsel of orgaan gecontroleerd te bestralen. Bij nucleaire geneeskunde in vitro (buiten de scope van dit verslag) worden de radioactieve stoffen in het laboratorium gebruikt, op afstand van de patiënten voor medische analyses. Het is duidelijk dat bij nucleaire geneeskunde in vivo alle betrokkenen kunnen worden blootgesteld, terwijl dit in het laboratorium in vitro praktisch uitsluitend het personeel dat de analyses uitvoert, betreft.

3.1.2 Aard en omvang van het risico in nucleaire geneeskunde

3.1.2.1 *Type stralingen:*

De gebruikte radionucliden kunnen schematisch in twee groepen worden ingedeeld. Enerzijds de radionucliden die voor diagnostiek worden gebruikt, anderzijds deze voor therapie.

Tot de eerste groep behoren de gammastralers, gewoonlijk van korte duur (halfwaardetijd kleiner of gelijk aan 8 dagen) met een energie lager dan 500 keV. Bij deze groep horen ook de positronenstralers (β^+) met een schommelende energie die de 2 MeV kan overschrijden, ze zijn doorgaans van heel korte duur (halfwaardetijden van enkele minuten tot enkele uren). Bij de positronenstralers komt het blootstellingsrisico voor het personeel en het publiek voornamelijk voort uit de annihilatiefotonen met een energie van 511 keV.

Behalve tijdens de bereidingsfase van radiofarmaca³, die is voorbehouden voor gespecialiseerd personeel in de diensten nucleaire geneeskunde, overschrijden de toegediende activiteiten doorgaans niet de waarde van 1 GBq.

In de tweede groep vinden we de bètastralers (β^-) die voor therapeutische doeleinden worden gebruikt, overeenkomstig de zowel op internationaal als op nationaal vlak welomlijnde regels

² Hoewel deze term het vaakst gebruikt wordt, geniet de term interne radionuclidentherapie de voorkeur, maar heeft nog geen ingang gevonden.

³ De activiteiten in radiochemie en radiofarmacie kunnen 200 GBq bereiken en zijn voorbehouden voor uiterst gespecialiseerd - en bijzonder beschermd - personeel, dat buiten de draagwijdte van dit advies valt.

(HGR 7221, 2005) [2]. De activiteiten kunnen grotere proporties aannemen en meerdere GBq bereiken, terwijl de maximale energie (E_{\max}) van de bètastraler ongeveer 2 MeV kan bereiken. Onlangs werden alfastralers voor therapeutische doeleinden voorgesteld. Hun gebruik blijft erg beperkt in het kader van de protocollen van klinische studies en ze zullen op een later tijdstip het voorwerp uitmaken van een verslag.

Er dient te worden opgemerkt dat er momenteel steeds meer hybride apparatuur gebruikt wordt, namelijk de combinatie van een detector uit de nucleaire geneeskunde en een toestel dat X-stralen uitzendt. Dit betekent bovendien de mogelijke blootstelling van het personeel aan rechtstreekse of verstrooide X-stralen.

3.1.2.2 Blootstellingsrisico's

De X- en gammastralen (dus natuurlijk ook de β^+ -annihilatiefotonen) hebben een sterk penetrerend vermogen en een laag van meerdere millimeters tot meerdere centimeters absorberend materiaal (lood, wolfram, vol beton) is nodig om ze te stoppen. Ze veroorzaken een externe blootstelling van de personen die in de buurt van een RX-buis of een bron die gammastralen uitzendt, staan. Bij rechtstreeks contact van de radionucliden met de huid en in geval van inname of inhalatie veroorzaken ze een externe of interne besmetting.

Bètastraling (β^-) worden al afgeremd door enkele millimeters glas of weefsel en brengen weinig externe blootstelling met zich mee voor personen in de nabijheid van de patiënt, zoals het verplegend personeel of de personen uit de omgeving van de patiënt. Op korte afstand kan de blootstelling (bv. Op handen) hoog oplopen tijdens het manipuleren van de bronnen. Een mogelijke blootstelling komt eveneens voort uit het risico van interne of oppervlakte blootstelling door opname van het radionuclide of door een externe besmetting. Sommige β^- -stralers hebben eveneens een verval via gammastralen (bv. I-131, Sm-153 of Lu-177) en kunnen dus ook de oorzaak zijn van een externe blootstelling op afstand.

3.1.2.3 Blootstellingsgevolgen

Er worden twee soorten effecten onderscheiden ten gevolge van de blootstelling aan ioniserende stralingen.

Deterministische effecten treden systematisch op vanaf een bepaalde drempel (meestal hoger dan 100 mSv of 100 mGy⁴), de ernst is in verhouding tot de dosis en de effecten manifesteren zich als weefsel schade (bv. bloedbeeldwijzigingen, haaruitval, brandwonden, braken ...). Het bestralen van een embryo of een foetus kan aangeboren misvormingen of een aangeboren beschadiging van het zenuwstelsel met zich meebrengen. Deterministische effecten kunnen ook optreden omwille van geaccumuleerde dosissen door de jaren heen, met name een toegenomen incidentie van lensdegeneratie (cataract), evenals (cardio)vasculaire effecten. De drempels voor de effecten ten gevolge van geaccumuleerde dosissen liggen hoger, maar zijn niet goed gekend.

⁴ In de nucleaire geneeskunde, buiten het nog uitzonderlijk gebruik van alfastralers, zijn de effectieve dosissen uitgedrukt in Sv equivalent aan de geabsorbeerde dosissen uitgedrukt in Gy. Voor de duidelijkheid wordt in dit document enkel de eenheid Sv gebruikt, omdat die in de stralingsbescherming steevast het meest gebruikt wordt.

Stochastische effecten treden zonder drempel en willekeurig op (ICRP, 2007) [3]. Hun waarschijnlijkheid staat in verhouding tot de dosis en kenmerkend is een stijging van de incidentie van kanker (bij volwassenen of kinderen) en een toename van genetische effecten die aan de nakomelingen kunnen worden doorgegeven. Zelfs als er geen drempel is, is de kans op de inductie van een dergelijk effect maatschappelijk aanvaardbaar, bijvoorbeeld 0.011 % per mSv voor de inductie van kanker bij volwassenen.

Afgezien van de therapeutische toepassingen, die hier buiten beschouwing worden gelaten, zijn de effectieve dosissen voor de patiënt bij onderzoeken in de nucleaire geneeskunde van de orde van ten hoogste enkele millisievert. Enkel de stochastische effecten moeten dus voor de patiënten in aanmerking worden genomen. In de meeste gevallen geldt dit ook voor de personen uit de omgeving van de patiënten en het verplegend personeel. Hogere dosissen zijn eventueel slechts mogelijk bij zeldzame ongevallen met betrokkenen bij het hanteren van bronnen (bv. contactdosis van een werker in de radiochemie). In de nucleaire geneeskunde worden geneesmiddelen (radiofarmaca) in zeer kleine gewichtshoeveelheden gebruikt, zogenaamde tracers waaraan geen chemische of farmaceutische risico's zijn verbonden.

3.1.2.4 Dosislimieten

In de Belgische wetgeving werden op basis van de kennis over de deterministische en stochastische risico's en in overeenstemming met de Europese richtlijn 96/29 [4] en de aanbevelingen van de Internationale Commissie voor Stralingsbescherming (ICRP), bepalingen opgenomen om bepaalde dosisniveaus niet te overschrijden binnen een periode van 12 opeenvolgende maanden. De dosislimieten staan, zonder in detail te treden, in tabel 1.

Tabel 1: Dosislimieten overeenkomstig het ARBIS [1]

	Volledig lichaam	Deel van het lichaam
Patiënt	-	-
Beroepshalve blootgestelde personen ^o	20 mSv (6 mSv*)	Ooglens: 150 mSv** Huid: 500 mSv*** Extremititeiten: 500 mSv
Publiek	1 mSv	Ooglens: 15 mSv Huid: 50 mSv
Ongeboren kind (duur van de zwangerschap)	1 mSv	NVT

*Leerlingen en studenten tussen 16 en 18 jaar

** Deze dosislimiet werd door de ICRP naar 20 mSv gebracht [5], hetgeen in de Belgische wet nog niet van toepassing is.

*** Gemiddelde dosis voor elk oppervlak van 1 cm²

Uiteraard zijn deze limieten geen te bereiken dosissen, maar moeten aanzien worden als niet te overschrijden dosissen.

3.1.3 Vorzorgsprincipe

Hoewel de blootstelling bij de toepassingen in de nucleaire geneeskunde gewoonlijk zeer laag is (buiten de therapeutische toepassingen die het onderwerp zijn van een apart advies van de Hoge Gezondheidsraad, nr. 7721, 2005 [2]), moeten de dosissen zo laag als mogelijk worden gehouden. Dit geldt voor de verschillende categorieën van personeel dat mogelijk in contact komt met radioactieve bronnen of met de patiënt in de dienst nucleaire geneeskunde of daarbuiten. Deze aanpak sluit aan bij het voorzorgsprincipe dat op het gebied van stralingsbescherming door het ALARA-principe (*as low as reasonably achievable*) weerspiegeld wordt. Dit bestaat erin de dosissen zo laag te houden als redelijkerwijze mogelijk is, wat betekent dat de in te zetten middelen moeten afgestemd worden op het beperken van de radiologische schade. Gezien deze schade gewoonlijk zeer laag is, moeten er geen overdreven maatregelen genomen worden op het vlak van het materiaal (bv. kost van de beschermingsmaatregelen) of op menselijk en sociaal vlak (bv. patiënten in isolatie plaatsen). Het is echter cruciaal de betrokken beroepsmensen in te lichten over de voorzorgsmaatregelen die ze eenvoudig voor zichzelf en voor derden kunnen toepassen.

3.1.4 Grote pijlers van stralingsbescherming

Drie grote principes zijn van toepassing om de blootstelling van individuen te beperken, hetzij patiënten, hetzij beroepshalve blootgestelde werknemers of personen van het publiek (of per definitie alle andere personen).

Rechtvaardiging: elke menselijke activiteit die kan leiden tot een blootstelling van de mens aan ioniserende stralingen moet gerechtvaardigd worden door de voordelen ervan. De voordelen moeten opwegen tegen de nadelen. Elke alternatieve methode moet worden overwogen. In de medische wereld bestaat deze rechtvaardiging op twee niveau's: de rechtvaardiging van een bepaald type onderzoek of behandeling en de toepassing bij elke individuele patiënt. Bovendien wordt dit onderhandeld langs de EC Richtlijn 97/43 met het principe van gezamenlijke verantwoordelijkheid waardoor de verwijzende arts en de verstrekker tezamen de verantwoordelijkheid dragen van de uit te voeren procedure (art. 51.3 ARBIS [1]).

Optimalisering: de beschermingsmiddelen en de toegediende activiteiten moeten zo gekozen worden dat de individuele dosissen en het aantal blootgestelde personen zo laag worden gehouden als redelijkerwijze mogelijk is, rekening houdend met economische en sociale factoren.

Naleven van de dosislimieten (zie 3.1.2.4): de limieten zijn van toepassing voor beroepshalve blootgestelde personen en het publiek, maar niet voor patiënten. Voor de patiënten moet het toepassen van de eerste twee principes ervoor zorgen dat de dosis zo laag mogelijk gehouden wordt als nodig is, rekening houdend met het mogelijk voordeel voor hun gezondheid.

3.1.5 Praktische principes voor stralingsbescherming

Vijf belangrijke principes moeten in acht worden genomen om de blootstelling door niet-geïncapselde bronnen te beperken.

- **de tijd:** contact met een vaste of mobiele bron, en met name een patiënt moet zoveel mogelijk beperkt worden.
- **de afstand:** de blootstelling aan ioniserende stralingen neemt af met het kwadraat van de afstand⁵. Eenvoudige gewoontes zoals een stap extra afstand nemen terwijl men met een patiënt praat die een inspuiting met radio-isotopen gekregen heeft, is een heel eenvoudige handeling die de blootstelling beperkt.
- **de afscherming:** deze maatregel wordt in de nucleaire geneeskunde op grote schaal toegepast om zich tegen vaste bronnen te beschermen. De lokalen worden afgeschermd, zodat de naburige diensten niet aan onnodige stralingsdosissen worden blootgesteld. Het is echter uiterst moeilijk om een patiënt "af te schermen", deze maatregel is dan ook niet van toepassing op hen.
- **de preventie van interne of externe besmettingen:** de besmettingen komen voort uit de verspreiding van niet-geïncapselde radioactieve bronnen bij hun bereiding, verpakking of toediening aan patiënten, maar ook uit de lichaamssecreties van de patiënten, in het bijzonder in de excreta, aangezien tal van radiofarmaca via de urine geëlimineerd worden. Het is dus essentieel om handschoenen te dragen, absorberend papier te gebruiken, zorgvuldig te werken, enz.
- Voorts gaat er een bijzondere aandacht uit naar de **beperking van de dosissen aan de extremiteiten** in de nucleaire geneeskunde: dit betreft voornamelijk de blootstelling van de vingers en de handen van diegenen die de radioactieve bronnen hanteren, of het nu om gamma- of bètastralers (+/-) gaat. Lange tijd werd aangenomen dat de dosissen aan de extremiteiten laag waren, maar in werkelijkheid waren ze slecht gemeten (of helemaal niet gemeten). Recente studies hebben duidelijk aangetoond dat de dosissen gemakkelijk de door de wet voorgeschreven limieten kunnen bereiken en het is dus noodzakelijk om hier veel belang aan te hechten. Dit wordt goed beschreven in het Europese project ORAMED (www.oramed-fp7.eu) en ExDos (Belgische terreinstudie, gefinancierd door het FANC, bijlage 2). De aandacht van het personeel verantwoordelijk voor het hanteren van radioactieve bronnen (eluatens, flacons, gereconstitueerde kits, gebruiksklare injectiespuiten, afval) moet gericht zijn op de tijd (ervaring, goed beheerste processen) en op het afschermen (injectiespuit met beschermhuls, afscherming voor flacons, afscherming in plexiglas tegen bètastralen (β^-), afgeschermd vuilnisbakken ...). Daarnaast is het aanleren van adequate handelingen[6] zeer nuttig. Tot slot is het correct dragen van een of meerdere dosimeters essentieel om de blootstelling werkelijk te meten. De aanbeveling van ORAMED is op dit ogenblik het dragen van een ringdosimeter aan de wijsvinger van de niet-dominante hand, gedraaid naar de handpalm toe [7].

⁵ Dit betekent dat een blootstelling van 1 niet met 1/2 afneemt, als de afstand verdubbeld wordt, maar met 1/4 en met 1/9 als de afstand verdrievoudigd wordt (enkel geldig voor gammastraling)

Deze belangrijke principes moeten op een verstandige manier en in functie van de mogelijke blootstelling toegepast worden. Idealiter moet elk type interveniërende persoon specifieke instructies krijgen voor zover er een niet te verwaarlozen blootstelling verwacht wordt. Dit kan beoordeeld worden in functie van de omvang van de bronnen, de frequentie van de contacten, het risico van contact met besmette oppervlakken, het hanteren van mogelijk radioactief afval, enz. Het is belangrijk om geen stralingsfobie op te wekken en elke patiënt van de dienst nucleaire geneeskunde op een passende wijze te benaderen.

3.2 Betrokken personen

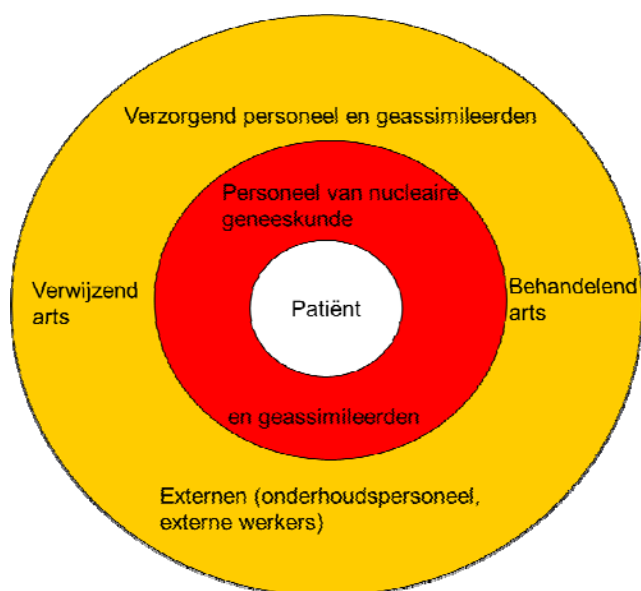
Het diagram hieronder (Figuur 1) toont alle mogelijke interveniërende personen in verband met het behandelen van een patiënt in de nucleaire geneeskunde.

Sommige personen maken deel uit van of werken voornamelijk in de dienst (rode zone). Het gaat onder meer om:

- Arts nucleaire geneeskunde
- Technologen en verpleegkundigen in de nucleaire geneeskunde
- Administratief en logistiek personeel in de nucleaire geneeskunde
- Ander personeel in de gecontroleerde zone (bijv. inspanningsproef cardiologie)
- Radiofarmaceut
- Medisch stralingsfysicus
- Verzorgend personeel van de metabole therapiekamers.

Anderen hebben minder rechtstreeks en minder frequent contacten met een patiënt die drager is van een radioactieve bron onder niet-gekapselde vorm (gele zone). Het gaat onder meer om:

- Verwijzende en behandelende geneesheer
- Verzorgend personeel van de hospitalisatie- of ambulante eenheden
- Onderhoudspersoneel (extern en/of intern)
- Technisch personeel (onderhoud, interventie en controle, intern en/of extern)
- Brancardiërs en personen verantwoordelijk voor het vervoer
- Personeel van rust- en verzorgingstehuizen



Figuur 1. Hiërarchische diagram van de betrokkenen in de nucleaire geneeskunde

Het advies handelt niet rechtstreeks over de stralingsbescherming van de patiënt, noch van het publiek, buiten het professioneel kader.

3.2.1 Vorming van personeel in stralingsbescherming

3.2.1.1 Informatie en vorming inzake stralingsbescherming van mogelijk blootgesteld personeel

Inleiding

Het aan ioniserende stralingen blootgestelde personeel geniet van beschermingsmaatregelen waaronder een passende medische controle en een controle van de ontvangen dosissen (dosimetrie) in het kader van het toezicht op het respecteren van de dosislimieten zoals beschreven onder § 3.1.2.4.

Deze personen moeten ook de nodige informatie en vorming ontvangen om zichzelf, hun collega's en hun omgeving voldoende te kunnen beschermen. De inhoud en de frequentie van deze informatie staan in artikel 25 van het ARBIS [1].

Het artikel 25 van het ARBIS is generiek en is van toepassing op alle werknemers (mogelijk of werkelijk) blootgesteld aan ioniserende stralingen (met inbegrip van bijvoorbeeld een verpleegkundige in het operatiekwartier, verpleegkundige in de pediatrie, onderhoudstechnicus, enz.). Jammer genoeg worden de vaardigheden van de interveniërende personen (trainers) helemaal niet gespecificeerd (arbeidsgeneesheer, preventieadviseur, expert fysische controle, expert stralingsfysica, enz.). Deze algemene formulering heeft de volgende gevolgen:

- o i) een slechte kennis door vele exploitanten van hun plichten of meer pragmatisch van hoe ze die moeten nakomen en
- o ii) een negatieve perceptie door de betrokken leden van het medisch personeel die hierin vaak een administratieve vervelende verplichting zien zonder veel interesse.

Er is dus nog veel ruimte voor verbetering bij de toepassing van dit artikel op het terrein. Dit geldt zowel voor de eerste informatiesessie bij de indiensttreding, maar ook en waarschijnlijk vooral bij het hernieuwen van deze informatie, die op de behoeften moet worden afgestemd.

Initiële vorming

De initiële vorming bij de indiensttreding moet de volgende doelstellingen beogen:

- begrijpen van de fundamentele fysische principes die ten grondslag liggen van de ontvangen dosissen (exponentieel verval, verzwakking, afstandseffect, basiseenheden, enz.)
- begrijpen van de mogelijke gevaren voor de gezondheid, de basisprincipes om zich tegen stralingsgevaar te beschermen en de in de werkomgeving te treffen maatregelen leren
- begrijpen van het specifieke probleem van interne en externe besmettingen en de houdingen aanleren die voor bescherming zorgen
- kennis van en begrijpen van de dosislimieten en het ALARA-principe
- begrijpen van het nut van dosimeters en hun goed gebruik
- kennis nemen van de procedures
- praktische kennis van de rol van respectievelijk fysische en medische controle
- kennis van waarschuwingstekens en symbolen (gecontroleerde zones)
- kennis van de bescherming van het ongeboren kind en de zuigeling (borstvoeding)

Vernieuwing van de informatie

De doelstellingen

Het diensthoofd moet de jaarlijkse doelstellingen bepalen in overleg met het betrokken personeel en met de ondersteuning van, in voorkomend geval, een verantwoordelijke van de fysische controle (en zijn lokale adjunct, de aangestelde voor het toezicht), de arbeidsgeneesheer en een afgevaardigde van het CPBW. De ondersteuning van de exploitant, meestal vertegenwoordigd door de directie van het ziekenhuis is essentieel.

De inhoud van de informatie

De informatie moet worden vernieuwd, afhankelijk van de per geval gedefinieerde behoeften, in functie van de huidige toestand: nieuwe normen, introductie van nieuwe praktijken, recente voorvallen, opmerkingen van de fysische controle of de arbeidsgeneesheer (uiteraard dienen hiervoor de voorbeelden geanonimiseerd te worden.)

Het is wenselijk de gegeven informatie bij te houden en aan het personeel toegang te verlenen tot ondersteuningsmateriaal (newsletter, REX, actieplan, enz.).

De frequentie:

Voor de personen die de hoogste blootstellingskans lopen zou een continue vorming nuttig zijn in plaats van een eenmalige sessie. De werknemers dienen daarom aangemoedigd te worden om relevante symposia bij te wonen.

De HGR wenst toch een minimumfrequentie aan te raden die aangepast is aan het type werkpost. De Raad is van mening dat de informatie voor het personeel in de nucleaire geneeskunde en aanverwant personeel ten minste eenmaal per jaar vernieuwd moet worden en voor de anderen ten minste om de drie jaar of telkens dit nodig blijkt.

De personen verantwoordelijk voor het verstrekken van de informatie:

De exploitant dient erover te waken dat de personen die de informatie verspreiden en/of opleidingen geven competent zijn in de materie. Het leidt tot aanbeveling dat alle betrokken partijen hieraan meewerken in nauw overleg met de aangestelde voor bewaking: artsen, technologen, arbeidsgeneesheer, preventieadviseur, expert fysische controle, medisch fysicus...

3.2.1.2 Basisopleiding van het personeel inzake stralingsbescherming van patiënten

Inleiding

Het betreft alle personen die hoofdzakelijk in de diensten nucleaire geneeskunde werken en een patiënt aan ioniserende stralingen kunnen blootstellen. Het gaat vooral om technologen en verpleegkundigen, nucleaire geneeskundigen en assistenten in opleiding, en in mindere mate om medisch stralingsfysici, radiofarmaceuten en hun assistenten, radiochemici en hun assistenten.

De reglementering (ARBIS) bepaalt voor elk betrokken beroep adequate en vereiste opleidingsmodaliteiten. Sommige van deze beroepen maken daarnaast het voorwerp uit van een erkenning dat door het FANC wordt afgeleverd op basis van objectieve criteria en voor sommigen door middel van een beschouwing van het dossier door een adviescommissie. Deze criteria worden hier niet opgesomd, noch besproken.

Het geval van technologen en verpleegkundigen is bijzonder: in het MB van 1998 werd de beroepstitel van technoloog in medische beeldvorming gedefinieerd. Echter, door een gebrek aan voldoende aantal houders van een dergelijk diploma, wordt een groot aantal personeelsleden de facto erkend na het volgen van een opleiding volgens artikel 53.2. van het KB van 20 juli 2001. Deze opleiding heeft als doel het verzekeren van de stralingsbescherming van patiënten. Deze wettelijke verplichting tot vorming ligt bij de exploitant, wat soms voor problemen kan zorgen, omdat er stricto sensu geen erkenning is.

Initiële vorming

Op grond van dit artikel moeten de medische helpers in de radiologie, radiotherapie en nucleaire geneeskunde een opleiding in stralingsbescherming van 50 uren genoten hebben (waarvan ten minste 10 uren praktijk) en voor de radiotherapie en de nucleaire geneeskunde moet er nog een aanvullende opleiding van 10 uren gevolgd worden. De studenten moeten met succes een kenniscontrole over de gevolgde opleiding hebben ondergaan.

In bovenstaand artikel 53.2 worden in algemene termen de domeinen aangegeven die behandeld moeten worden.

- kennis van aangewende technieken
- praktische regels van de stralingsbescherming + hun fysische basis
- gezondheidseffecten van de blootstelling aan ioniserende stralingen (met extra aandacht voor zwangerschap en borstvoeding, en de te volgen maatregelen hieromtrent)
- kwaliteitszorg, vooral de procedures inzake de kwaliteitsbeheersing van gebruikte toestellen

- "bijzondere aandachtspunten", zoals de blootstelling van kinderen, preventieve radiodiagnostische onderzoeken op bevolkingsniveau, het gebruik van zogenaamde "hoge dosistechnieken", bijvoorbeeld bij interventionele radiologie
- de actuele wetgeving inzake stralingsbescherming
- Het FANC stelt op zijn website [8] de lijst van instellingen beschikbaar die een opleiding in stralingsbescherming organiseren die door het Agentschap geattesteerd wordt. Daarnaast is de lijst van erkende instellingen voor het behalen van de titel technoloog in medische beeldvorming beschikbaar op de volgende websites (Vlaanderen, Franse Gemeenschap).

Vernieuwing van de informatie

De regelgeving voorziet ook in de verplichting tot permanente bijscholing. Hierbij moet de geschiktheid van de verworvenheden van de basisopleiding worden geëvalueerd in de tijd en de technologische ontwikkelingen opgevolgd worden.

Er worden echter een aantal problemen gedetecteerd⁶:

- ontoereikend aanbod van opleiding
- ontbreken van een termijn tussen de aanwerving en het verkrijgen van de vorming
- slechte balans tussen theorie en praktijk
- zeer algemene opleiding, weinig gericht op de nucleaire geneeskunde
- ontbreken van officiële erkenning van het behaalde getuigschrift door het FANC

Algemene aanbevelingen

De HGR beveelt aan dat de scholen van het hoger onderwijs die een dergelijk diploma afleveren er een praktische opleiding aan toevoegen, om aan de eisen van artikel 53.2 van het KB van mei 2007 te voldoen. De HGR vraagt dat de inrichters van de bijkomende opleiding overleg zouden plegen om de opleidingen aan te passen en dat de inhoud van de opleiding voldoende algemeen zou zijn om voor de drie specialiteiten nuttig te zijn. De HGR adviseert om ten minste de helft van de opleiding voor theoretische lessen voor te behouden.

In dit verband is het nodig op te merken dat het opschrift van art. 53.2 (alinea 3) enigszins onduidelijk is, in die zin dat het bepaalt dat het aan de exploitant is om erop toe te zien dat de medische helpers een dergelijke opleiding hebben genoten. De HGR beveelt aan dat het Agentschap een officieel attest uitreikt aan iedere persoon die kan aantonen dat hij de bovenvermelde opleiding gevolgd heeft, en dit los van de controle die het krachtens de wet bij de exploitanten uitoefent (zal uitoefenen).

De HGR beveelt aan dat de permanente vorming op regelmatige tijdstippen wordt georganiseerd en het voorwerp van een accreditatie kan uitmaken. Dit valt binnen de missie van het Belgisch Genootschap voor Nucleaire Geneeskunde (BVNG) dat dit op nationaal niveau zou kunnen organiseren onder de vorm van een e-learningattest.

⁶ Deze opmerkingen werden verzameld bij de basis (technologen in de nucleaire geneeskunde) door een enquête dat door de BVNG in 2008 werd afgenomen.

3.2.2 Verantwoordelijkheid en vorming van verwijzende geneesheer en/of behandelende geneesheer

De positie van de huisarts en de geneesheer-specialist die een patiënt naar de nucleaire geneeskunde verwijzen is soms delicaat. Hoewel ze kennis hebben van de medische doeleinden van de diagnostische procedures of de gevraagde behandelingen, is hun kennis over de aspecten van stralingsbescherming voor de patiënt zelf en voor zijn omgeving soms beperkt.

Het curriculum van de opleiding geneeskunde bevat slechts weinig informatie over de aspecten van stralingsbescherming en wanneer de materie onderwezen wordt is dat vaak erg theoretisch met meestal een klemtoon op de deterministische effecten van middelhoge en hoge dosissen. Heel weinig universiteiten verstrekken aan de toekomstige artsen praktische informatie over operationele stralingsbescherming.

Het spreekt voor zich dat de communicatie tussen de geneesheer-specialist in nucleaire geneeskunde en de verwijzende of behandelende geneesheer⁷ essentieel is. Voor de therapeutische toepassingen gebeurt dit regelmatig, maar het is onmogelijk om voor de diagnostische toepassingen de verwijzende geneesheren individueel in te lichten over de aspecten van stralingsbescherming in verband met relatief courante procedures.

De verwijzende geneesheer, huisarts of specialist moet bij zijn voorschrift 3 doelstellingen aangeven: de rechtvaardiging op patiënten niveau, de optimalisering en de informatie. Zonder met name vermeld te zijn in de deontologische code zijn deze drie aspecten van die aard dat ze bijdragen tot een kwaliteitsvolle zorg met een zo klein mogelijk gezondheidsrisico.

3.2.2.1 Rechtvaardiging en gedeelde verantwoordelijkheid

De Belgische regelgeving (ARBIS) voorziet in de gedeelde verantwoordelijkheid tussen de voorschrijver en de behandelende geneesheer. Deze notie van gedeelde verantwoordelijkheid en het rechtvaardigingsprincipe zijn de twee sleutelementen die de keuze sturen van een techniek met blootstelling aan ioniserende stralingen in zowel de nucleaire geneeskunde als in de stralingsdiagnostiek. Vooraleer over de toe te passen techniek te beslissen moet de verwijzende geneesheer de diagnostische alternatieven evalueren (bijvoorbeeld een echografie of een MRI-onderzoek) en in geval van twijfel, advies vragen aan een specialist in de materie. Daartegenover moet, eenmaal de praktijk gerechtvaardigd, het beroep op een stralingsonderzoek niet in twijfel worden getrokken onder dit voorwendsel, want het rechtvaardigingsprincipe houdt in dat het voordeel voor de patiënt opweegt tegenover de eventuele stralingsschade. De verwijzende geneesheer moet aan de specialist in nucleaire geneeskunde alle informatie verstrekken die hem toelaten de aanvraag correct te beoordelen en de beste methodologie voor te stellen. In de praktijk is het gebrek aan informatie op het voorschrift meestal schadelijk voor de patiënt. Hoewel de meningen verschillen, moet de verplichting van een gedetailleerd en schriftelijk voorschrift eerder als een communicatiemiddel tussen artsen worden gezien dan als een onnodige administratieve last.

3.2.2.2 Optimalisering

⁷ Beiden kunnen betrokken zijn bij eenzelfde patiënt die zich, voor of na een onderzoek op vraag van een specialist, richt tot zijn huisarts voor meer informatie en raadgevingen.

Het schriftelijk voorschrift is ook een middel dat bijdraagt tot de optimalisering van de techniek. Het is de plicht van de verwijzende geneesheer kennis te nemen van de specifieke problemen die het al dan niet uitvoeren van het onderzoek en de wijze van optimalisering kunnen beïnvloeden, namelijk: een eventuele zwangerschap, borstvoeding geven, belangrijke metabole veranderingen zoals nierinsufficiëntie, het nemen van belangrijke geneesmiddelen die met het onderzoek zouden kunnen interfereren (bv. het nemen van alfablokkers bij een MIBG-scintigrafie), de levensprognose voor een terminale patiënt, de socio-economische situatie van een patiënt (bv. patiënt die in een verzorgingstehuis verblijft). Daarnaast moeten de verwijzende geneesheer en de behandelende geneesheer in verband met de therapeutische procedures op de hoogte zijn van mogelijke beperkingen in geval van onverwacht overlijden van een patiënt voor wat betreft de organisatie van begravenis en crematie. Dit werd beschreven in een recent advies van de HGR [14].

3.2.2.3 Opleidingsmodaliteiten

Voor alle artsen zou het nuttig zijn om in het curriculum van de opleidingen geneeskunde enkele lesuren op te nemen over het voorschrijven van onderzoeken en behandelingen met ioniserende stralingen. De toekomstige arts zou een minimum aan opleiding moeten ontvangen over de volgende aspecten:

- deterministische en stochastische effecten
- omvang van de natuurlijke straling en de dosissen tijdens een routineonderzoek
- noties over dosislimieten
- grote principes van stralingsbescherming
- bescherming van de zwangerschap en de borstvoedende patiënt
- noties van "helper" voor de therapeutische toepassingen⁸ ...

In tegenstelling tot wat in een aantal universiteiten de gang van zaken is, zou deze opleiding niet tijdens de eerste bachelorjaren gegeven moeten worden, maar eerder wanneer de arts in spe de werkelijke geneeskundige praktijk nadert, namelijk vóór het begin van de stages in het derde masterjaar. Dit is namelijk het ogenblik waarop hij geval per geval zal moeten oordelen over de gegrondheid van een blootstelling aan ioniserende stralingen, over het belang van telkens de alternatieve methoden te overwegen en indien nodig de legitieme vragen van patiënten moet kunnen beantwoorden over de modaliteiten die soms een bron van angst zijn.

3.2.3 Operationele en praktische aspecten (brochures)

In dit hoofdstuk worden een aantal praktische brochures aangeboden die kunnen gebruikt worden om de betrokken stakeholders te informeren.

Het zijn op zichzelf staande brochures die steeds dezelfde structuur aanhouden:

- De doelgroep wordt aangesproken
- Een beschrijving van de nucleaire geneeskunde
- De wegen van blootstelling specifiek voor elke doelgroep
- Praktische stralingsbescherming
- Enkele regels van goede praktijk en tips

⁸ Een "helper" is volgens het rapport Stralingsbescherming 108 van de Europese commissie, een persoon die vrijwillig (willingly), met kennis van zaken (knowingly), buiten een professioneel kader een patiënt bijstaat, waarbij hij het risico loopt de voor het publiek bepaalde dosislimieten te overschrijden.

Op deze manier zijn ze gemakkelijk te verspreiden en kunnen ze als basis dienen van een opleiding, een herhalingsmodule of als geheugensteun voor de betrokken personen. Ze hebben als doel correcte informatie te verspreiden over nucleaire geneeskunde met veel aandacht voor regels van goed praktijk en steeds het ALARA-principe indachtig.

In de bijlagen is er eveneens een fiche toegevoegd die zeer bondig de informatie nog eens samenvat.

Voor de aanvragende en/of behandelende artsen is de structuur van de informatie anders opgevat. We komen tegemoet aan de vragen die patiënten stellen en de vorm is dan ook vraag een antwoord. Op het einde werd eveneens enige informatie toegevoegd over therapie en wat te doen bij het overlijden van een patiënt behandeld met radionucliden.

3.2.3.1 *Personeel in de nucleaire geneeskunde en aanverwant personeel*

Doelgroep

U bent beroepshalve blootgesteld en heeft dus recht op een opleiding over stralingsbescherming zoals in art 25 van het KB van 20.7.2001 is beschreven. Hierin is tevens een continue vorming opgenomen die minimaal 1 keer per jaar moet gegeven worden en telkens een nieuwe regelgeving verschijnt, nieuwe onderzoeken plaatsvinden en naar aanleiding van een gebeurtenis die verband houdt met stralingsbescherming.

Wat is nucleaire geneeskunde?

In de nucleaire geneeskunde krijgen patiënten een radiofarmacon toegediend. Een radiofarmacon is een stof (molecule, farmacon) die radioactief gemaakt werd door koppeling met een radionuclide (radioactief atoom). Deze stof heeft als belangrijke eigenschap dat ze zeer specifiek in bepaalde delen van het lichaam wordt opgestapeld waardoor deze delen kunnen in beeld gebracht worden met speciale camera's (gamma-, SPECT- of PET-camera).

Na toediening van het radiofarmacon is de patiënt dus zelf (licht) radioactief en is hij/zij een bron van straling. We maken echter gebruik van radionucliden met een korte halfwaardetijd. Voor 90% van alle onderzoeken wordt er gebruik gemaakt van Tc-99m dat een fysisch halfleven heeft van 6 uur. Dit betekent dat na 6 uur de helft van de activiteit is vervallen (weggestraald), na 12 uur blijft al maar een kwart van de oorspronkelijke radioactiviteit over, enz. Bovendien verzekert de urinaire excretie een nog snellere klaring uit het lichaam. Kortweg kan men stellen dat een patiënt die een Tc-99m radiofarmacon kreeg toegediend na 24 uur nog amper straling uitzendt.

Hoe kunt u worden blootgesteld?⁹

We delen de 2 mogelijkheden van blootstelling op in externe blootstelling en besmettingen.

- Externe blootstelling:

Met externe blootstelling wordt de straling bedoeld die men ontvangt in de buurt van een radioactieve patiënt, een verpakking van radioactieve stoffen, CT in werking Men komt niet rechtstreeks met de stralingsbron zelf in aanraking, enkel met de straling die ze uitzendt.

Hoeveel "straalt" een patiënt net na de inspuiting?

⁹ Telkens er in de tekst over dosis gesproken wordt, bedoelt men een maat voor effectieve dosis. Dit werd niet herhaald voor de leesbaarheid van de tekst.

Het dosistempo wordt vaak uitgedrukt in $\mu\text{Sv/h}$ (microsievert per uur) op een bepaalde afstand (bv. op 1 meter).

We hebben de typische dosistempi (Tabel 2 en 3) voor de referentie-activiteit [9] van de meest voorkomende onderzoeken hieronder samengevat [10]:

Tabel 2. Dosistempi bij gewone uitgevoerde onderzoeken

Onderzoek (net na de inspuiting)	Ingespoten activiteit (MBq)	Dosistempo op 1m op het moment van het verlaten van de dienst ($\mu\text{Sv/h}$)
Botscintigrafie	740	7.5
Schildklieronderzoek (Tc-99m)	110	2
Nieronderzoek (dynamisch)	150-185	4
PET (F-18)	260	21

Tabel 3. Dosistempi bij manipulatie van Tc-99m radiofarmaca

	Dosistempo (mSv/h)
Rechtstreeks in contact met een spuitje met 740 MBq (20mCi)	260
Rechtstreeks in contact met een spuitje met 740MBq (20mCi) met 2mm loodafscherming	2.6
Rechtstreeks in contact met een vial met 30 GBq (810mCi) eluaat	2300
Op 30cm afstand van een vial met 30 GBq (810mCi) eluaat:	7.5

(berekend met handboek, Delacroix, 2002) [11]

- Besmetting:

Omdat een gedeelte van de toegediende radioactieve stof door de patiënt zal worden uitgescheiden via de lichaamsvochten (urine, zweet), kan men hiermee ook rechtstreeks in contact komen.

Een besmetting kan extern (vb. op de huid) of intern (vb. door een huidwondje, inademen of inslikken) worden opgelopen. Meestal betreft het kleine hoeveelheden, maar deze bevinden zich wel gedurende langere tijd in of op het lichaam, wat een lokale blootstelling met zich meebrengt. Daarom moeten besmettingen altijd vermeden worden.

Praktische aspecten van stralingsbescherming

TIJD

Bescherming tegen externe blootstelling:

Hoe langer men in de buurt van de radioactieve patiënt of andere stralingsbron blijft, hoe meer men zal bestraald worden.

Praktisch:

- Plan vooraf wat u gaat doen
- Probeer zo efficiënt mogelijk te werken
- Blijf niet onnodig praten met de radioactieve patiënt
- Geef de uitleg aan de patiënt voor u de toediening doet

AFSTAND

Bescherming tegen externe blootstelling:

Dit is de eenvoudigste en efficiëntste manier om zich te beschermen. De blootstelling vermindert met het kwadraat van de afstand tot de stralingsbron.

Praktisch:

- Zet een stap achteruit tijdens de uitleg aan de “radioactieve” patiënt
- Bij het ontvangen van een radioactief collo: op zijn plaats zetten en afstand nemen
- Opletten: ook voor de handen geldt de regel kwadraat van de afstand!
 - Gebruik zoveel mogelijk pincetten bij het manipuleren van grote activiteiten (eluaat, vials met radiofarmaca).
 - Neem geen spuitjes vast zonder beschermhuls (contact tussen hand en activiteit)

AFSCHERMING

Bescherming tegen externe blootstelling:

Het radionuclide wordt aan de bron afgeschermd door gebruik van lood (bv. spuithouder, loden container voor vials, loodscherm) of door de afscherming in de muren (bv. lood, echte bakstenen muren, gyproc met extra afscherming,...)

Praktisch:

- Gebruik steeds spuitafschermers
- Gebruik afgeschermd transportkoffertjes om spuiten te verplaatsen
- Zorg voor praktische en afgeschermd potten voor het eluaat en andere producten
- Let op bij het gebruik van de CT: steeds achter de afscherming plaatsnemen
- Zorg voor voldoende afgeschermd vuilnisbakken (ook kleine op roltafels en dergelijke)

HYGIËNE

Bescherming tegen besmetting:

Hierbij zorgt men ervoor dat men zichzelf niet besmet of worden er preventieve maatregelen genomen om besmetting van de omgeving te vermijden.

Praktisch:

- Draag steeds uw werkkledij (schoenen, vest en broek)
- Draag handschoenen
- Organiseer optimaal het warm labo en hou het netjes
- Zorg dat je de procedure voor decontaminatie kent en dat het nodige materiaal direct voorhanden is
- Zorg dat je het afval binnen EN buiten de dienst door patiënten nucleaire geneeskunde goed inventariseert en opvolgt

- Eten, drinken, make-up en persoonlijke spullen zijn niet toegelaten in de gecontroleerde zone

Andere praktische tips

Procedures

Zorg ervoor dat je de procedures rond stralingsbescherming, decontaminatie, afspraken over het reinigen van de dienst, radioactief afval (zowel intern op de dienst als op de andere afdelingen in het ziekenhuis), leveringen, verpakken van generatoren, klinische onderzoeken, enz. up to date zijn en regelmatig herhaald worden. Ze kunnen een grote hulp zijn in crisissituaties of voor nieuwe personeelsleden.

Stralingsbeschermingsmaatregelen bij reanimatie van een radioactieve patiënt?

Patiënten die voor een diagnostisch onderzoek in de dienst nucleaire geneeskunde zijn, kunnen gerust gereanimeerd worden zoals elke andere patiënt. De normale hygiënische maatregelen zijn van kracht. Er dienen geen specifieke maatregelen voor de stralingsbescherming worden genomen.

Bij de reanimatie van een patiënt die werd behandeld met radioactieve stoffen (therapie), dient men WEL voorzorgsmaatregelen te nemen. Dit geldt in het bijzonder voor patiënten behandeld met I-131. Het is aan te raden zo snel mogelijk een externe of automatische beademing te installeren. Mond-op-mond beademing is te vermijden, gebruik in ieder geval een zakdoek in afwachting. We verwijzen graag door naar de aanbevelingen van de Hoge gezondheidsraad over reanimatie.

Dosimetrie

Draag steeds uw dosimeter. Zo kunt u uw dosis opvolgen en vergelijken met de gemiddelden van andere diensten. Voor een fulltime verpleging in België werd een gemiddelde dosis van 5mSv per 12 glijdende maanden gemeten. Er zijn echter ook voorbeelden van diensten met vele patiënten en lage bezetting van personeel waar de dosis lager is dan 2mSv per 12 glijdende maanden. De indeling en grootte van de dienst zijn hierin een belangrijke factor, maar evenzeer de organisatie van het werk en de kunde van de technologen (Bijlage 1).

Vingerdosimetrie: door de afstand kan de dosis op de vingers in de nucleaire geneeskunde hoog oplopen. Draag steeds uw vingerdosimeter bij het manipuleren van producten en het inspuiten van patiënten (Bijlage 2).

Elektronische dosimeters: deze dosimeters geven een directe indicatie over wanneer de dosis wordt opgelopen en kunnen helpen naar het zoeken van manieren om de dosis te verlagen.

Zwanger?

Indien u zwanger bent, kunt u niet tewerkgesteld worden op de dienst nucleaire geneeskunde. Raadpleeg zo snel mogelijk de bedrijfsarts.

Ook aan zwangere patiënten en patiënten die borstvoeding geven dient extra aandacht besteed te worden. De rechtvaardiging en optimalisatie van het onderzoek dienen specifiek nagegaan te worden en besproken tussen voorschrijvende arts en nuclearist.

Informatie die u kunt geven aan patiënten, begeleiders en collega's

Patiënten die een diagnostisch onderzoek gehad hebben, dienen geen speciale voorzorgsmaatregelen te nemen na het verlaten van het ziekenhuis. Uiteraard dient een goede hygiëne te worden nagestreefd.

Incontinente patiënten: een goede hygiëne dient te worden gerespecteerd. (bv. In rusthuizen het gebruik van handschoenen) en de luiers dienen bij voorkeur enkele dagen in een afgesloten zak en niet in de nabijheid van personen (2m afstand) bewaard te worden alvorens mee te geven met het huisvuil.

Onwel worden van patiënten: indien een patiënt overgeeft in de eerste 12 uren na het onderzoek, kan er nog radioactiviteit aanwezig zijn. Gelieve handschoenen te dragen bij het schoonmaken en het opruimen.

Zwanger personeel of zwangere huisgenoten: kort nabij contact (bijvoorbeeld een kind wassen) of langdurig contact op minimum 1 m afstand wordt aanbevolen.

Borstvoeding: dit dient zeker gesignaleerd te worden! Gebruik steeds nieuw eluaat om de producten te bereiden bij een patiënt die borstvoeding geeft. Raad de moeder aan om te voeden net voor het radionuclide wordt toegediend. In de meeste gevallen is het niet nodig om de borstvoeding te staken (zie HGR-advies 8099 [12]).

Zwangere patiënten: de justificatie dient extra onderzocht te worden en eventuele alternatieven grondig bekeken. Indien het onderzoek gejustificeerd is, dienen alle parameters zo veel mogelijk geoptimaliseerd te worden. Indien een diagnostisch onderzoek uitgevoerd werd bij een zwangere patiënt (niet gekend op het moment van de toediening) dient de dosis berekend te worden, maar niet te worden geadviseerd tot onderbreking van de zwangerschap (zie HGR-advies 8099 [12]).

Collega's in het ziekenhuis: de externe blootstelling is verwaarloosbaar en de normale handelingen (verzorging, patiënt positioneren, eten brengen ...) vormen dus geen probleem [13]. Het naleven van de hygiënevoorschriften (vergelijkbaar met deze tegen biologische besmettingen) is echter belangrijk als bescherming tegen besmettingen. Indien een patiënt incontinent is dienen de luiers en eventueel ander afval apart gehouden te worden. Een extra informatieblaadje moet dan worden meegegeven.

3.2.3.2 Verzorgend en aanverwant personeel buiten de nucleaire geneeskunde

3.2.3.2.1 De brancardiërs

Doelgroep

U bent een persoon die op geregelde of occasionele basis instaan voor het vervoer van nucleaire geneeskunde patiënten naar andere diensten. Vanwege deze taken wordt u niet aanzien als beroepshalve blootgesteld persoon. Het vervoer van patiënten geeft geen aanleiding tot het overschrijden van de dosislimiet van 1 mSv per jaar. In sommige gevallen zoals bij hoge werkdruk kan het dragen van een dosismeter overwogen worden. Vanwege de aard van het werk dient u echter wel geïnformeerd te worden over de praktische aspecten van de stralingsbescherming, over het eventuele nut van personendosimetrie en over de nodige maatregelen in geval van incidenten.

Wat is nucleaire geneeskunde?

In de nucleaire geneeskunde krijgen patiënten een radiofarmacon toegediend. Een radiofarmacon is een stof die radioactief gemaakt werd door koppeling met een radionuclide (radioactief atoom). Deze stof heeft als belangrijke eigenschap dat ze zeer specifiek door bepaalde delen van het lichaam wordt opgestapeld waardoor deze delen kunnen in beeld gebracht worden met speciale camera's (gamma-, SPECT- of PET-camera). Na toediening van het radiofarmacon is de patiënt dus zelf (licht) radioactief en is hij/zij een bron van straling.

Hoe kunt u worden blootgesteld?¹⁰

- Externe blootstelling:
Met externe blootstelling wordt de straling bedoeld die men ontvangt in de buurt van een radioactieve patiënt. D.w.z. hoofdzakelijk tijdens het vervoer van de patiënt naar een andere dienst.
- Besmetting:
Omdat een gedeelte van de toegediende radioactieve stof door de patiënt zal worden uitgescheiden via de lichaamsvochten (urine, zweet), kunt u hiermee ook rechtstreeks in contact komen in geval van een incident (plassen; braken).

Praktische aspecten van stralingsbescherming

TIJD

Hoe langer men in de buurt van de radioactieve patiënt blijft, hoe meer men zal bestraald worden.

Praktisch:

- Neem de kortste weg
- Probeer zo efficiënt mogelijk te werken
- Blijf niet onnodig praten met de radioactieve patiënt

¹⁰ Telkens er in de tekst over dosis gesproken wordt, bedoelt men een maat voor effectieve dosis. Dit werd niet herhaald voor de leesbaarheid van de tekst.

AFSTAND

Dit is een eenvoudige manier om zich te beschermen.

Praktisch:

- Hou afstand (>1m) van de radioactieve patiënt wanneer mogelijk (bv. wachten aan de lift)

HYGIËNE

Praktisch:

- Contacteer de dienst nucleaire geneeskunde bij een incident (urineverlies, braken,...)
- Neem in bovenstaand geval hygiënische maatregelen (handschoenen)
- Hou al het afval dat ontstaat bij dit incident (urineverlies, braken,...) in een aparte afvalzak

3.2.3.2.2 Personeel van medisch-technische diensten

Doelgroep

U bent beroepshalve blootgesteld aan ioniserende straling (bv. Technoloog in de dienst radiologie) door de werkzaamheden met X-stralen en heeft dus recht om een opleiding over stralingsbescherming zoals in art 25 van het KB van 20.7.2001 is beschreven. U draagt hiervoor ook een dosimeter. Omdat u ook in aanraking komt met de patiënten van de nucleaire geneeskunde, worden hieronder enkele specifieke begrippen en principes uitgelegd die kaderen in de stralingsbescherming bij een **diagnostisch** nucleair geneeskundig onderzoek. Het omgaan met deze patiënten zal in normale omstandigheden geen extra dosis opleveren.

Wat is nucleaire geneeskunde?

In de nucleaire geneeskunde krijgen patiënten een radiofarmacon toegediend. Een radiofarmacon is een stof (farmacon) die radioactief gemaakt werd door koppeling met een radionuclide (radioactief atoom). Deze stof heeft als belangrijke eigenschap dat ze zeer specifiek door bepaalde delen van het lichaam wordt opgestapeld waardoor deze delen kunnen in beeld gebracht worden met speciale camera's (gamma-, SPECT- of PET-camera).

Na toediening van het radiofarmacon is de patiënt dus zelf (licht) radioactief en is hij/zij een bron van straling. We maken echter gebruik van radionucliden met een korte halfwaardetijd. Voor 90% van alle onderzoeken wordt er gebruik gemaakt van Tc-99m dat een fysisch halfleven heeft van 6 uur. Dit betekent dat na 6 uur de helft van de activiteit is vervallen (weggestraald), na 12 uur blijft al maar een kwart van de oorspronkelijke radioactiviteit over. Bovendien verzekert de urinaire excretie een nog snellere klaring uit het lichaam. Kortweg kan men stellen dat een patiënt die een Tc-99m radiofarmacon kreeg toegediend na 24 uur nog amper straling uitzendt.

Hoe kunt u worden blootgesteld?¹¹

We delen de 2 mogelijkheden van blootstelling op in externe blootstelling en besmettingen.

- Externe blootstelling:

Met externe blootstelling wordt de straling bedoeld die men ontvangt in de buurt van een radioactieve patiënt, een verpakking van radioactieve stoffen, RX toestel in werking, enz. Men komt niet rechtstreeks met de stralingsbron zelf in aanraking, enkel met de straling die ze uitzendt.

Hoeveel “straalt” een patiënt net na de inspuiting?

Het dosistempo wordt vaak uitgedrukt in $\mu\text{Sv/h}$ (microsievert per uur) op een bepaalde afstand (bv. op 1 meter). Deze gegevens moeten gecombineerd worden met de tijd dat er op een bepaalde afstand wordt verbleven. Om de reële situatie te bestuderen heeft de VUB een studie opgezet [13]. Hieruit blijkt dat de opgelopen dosis door het omgaan (verzorging, behandeling, onderzoek) met patiënten nucleaire geneeskunde verwaarloosbaar is.

- Besmetting:

Omdat een gedeelte van de toegediende radioactieve stof door de patiënt zal worden uitgescheiden via de lichaamsvochten (urine, zweet), kan men hiermee ook rechtstreeks in contact komen.

Een besmetting kan extern (vb. op de huid) of intern (vb. door een huidwondje, inademen of inslikken) worden opgelopen. Meestal betreft het kleine hoeveelheden, maar deze bevinden zich wel gedurende langere tijd in of op het lichaam, wat een lokale blootstelling met zich meebrengt. Daarom moeten besmettingen altijd vermeden worden.

Praktische aspecten van stralingsbescherming

TIJD

Bescherming tegen externe blootstelling:

Hoe langer men in de buurt van de radioactieve patiënt blijft, hoe meer men zal bestraald worden.

Praktisch:

- Plan vooraf wat u gaat doen
- Probeer zo efficiënt mogelijk te werken
- Blijf niet onnodig praten met de radioactieve patiënt

AFSTAND

Bescherming tegen externe blootstelling:

Dit is de eenvoudigste en efficiëntste manier om zich te beschermen. De blootstelling vermindert met het kwadraat van de afstand.

¹¹ Telkens er in de tekst over dosis gesproken wordt, bedoelt men een maat voor effectieve dosis. Dit werd niet herhaald voor de leesbaarheid van de tekst.

Praktisch:

- Zet een stap achteruit tijdens de uitleg aan de radioactieve patiënt

HYGIËNEBescherming tegen besmetting:

Hierbij zorgt men ervoor dat men zichzelf niet besmet of worden er preventieve maatregelen genomen om besmetting van de omgeving te vermijden.

Praktisch:

- Bij invasieve handeling bij een patiënt
 - Contacteer de dienst nucleaire geneeskunde
 - Draag steeds handschoenen
 - Verzamel al het afval (in aanraking met bloed, enz.)
 - Voorzie een afgeschermd recipiënt voor het afval
 - Breng het afval naar de dienst nucleaire geneeskunde voor vervalstockage
- Contacteer de dienst nucleaire geneeskunde indien:
 - De patiënt onwel is en moet braken
 - De patiënt besmettingen veroorzaakt (bloed, urine, enz.)
 - U vragen heeft

Zij hebben het nodige materiaal en de opleiding gekregen om contaminaties te ontsmetten en het afval te verwijderen

- Draag steeds uw werkkledij

Andere praktische tips**Stralingsbeschermingsmaatregelen bij reanimatie van een radioactieve patiënt?**

Patiënten die voor een diagnostisch onderzoek in bij de dienst nucleaire geneeskunde waren, kunnen gerust gereanimeerd worden zoals elke andere patiënt. De normale hygiënische maatregelen zijn van kracht. Er dienen geen specifieke maatregelen voor stralingsbescherming worden genomen.

Bij de reanimatie van een patiënt die werd behandeld met radioactieve stoffen, dient men WEL voorzorgsmaatregelen te nemen. Dit geldt in het bijzonder voor patiënten behandeld met I-131. Het is aan te raden zo snel mogelijk een externe of automatische beademing te installeren. Mond-op-mond beademing is te vermijden, gebruik in ieder geval een zakdoek in afwachting. We verwijzen graag door naar de aanbevelingen van de Hoge Gezondheidsraad over reanimatie.

Aarzel niet om bijkomende vragen te stellen aan het personeel van de nucleaire geneeskunde. Zij zijn steeds bereid om op uw vragen of eventuele bekommernissen te antwoorden.

3.2.3.2.3 Personeel van de verpleegeenheden

Doelgroep

Beroepshalve kunt u in aanraking komen met patiënten die een onderzoek hebben ondergaan in de nucleaire geneeskunde. U wordt als persoon van het publiek aanzien. Dat betekent dat de dosis die u kunt oplopen lager is dan 1mSv (wettelijke limiet) per jaar.

Om uw dosis zo laag mogelijk te houden (veel lager dan 1mSv), geven we hieronder enkele tips.

Wat is nucleaire geneeskunde?

In de nucleaire geneeskunde krijgen patiënten een radiofarmacon toegediend. Een radiofarmacon is een stof (farmacon) die radioactief gemaakt werd door koppeling met een radionuclide (radioactief atoom). Deze stof heeft als belangrijke eigenschap dat ze zeer specifiek in bepaalde delen van het lichaam wordt opgestapeld waardoor deze delen kunnen in beeld gebracht worden met speciale camera's (gamma-, SPECT- of PET-camera).

Na toediening van het radiofarmacon is de patiënt dus zelf (licht) radioactief en is hij/zij een bron van straling. We maken echter gebruik van radionucliden met een korte halfwaardetijd. Voor 90% van alle onderzoeken wordt er gebruik gemaakt van Tc-99m dat een fysische halfwaardetijd heeft van 6 uur. Dit betekent dat na 6 uur de helft van de activiteit is vervallen (weggestraald), na 12 uur blijft al maar een kwart van de oorspronkelijke radioactiviteit over. Bovendien verzekert de urinaire excretie een nog snellere klaring uit het lichaam. Kortweg kan men stellen dat een patiënt die een Tc-99m radiofarmacon kreeg toegediend na 24 uur nog amper straling uitzendt.

Hoe kunt u worden blootgesteld aan straling?

We delen de mogelijkheden van blootstelling op in externe blootstelling en besmetting.

- Externe blootstelling:

Met externe blootstelling wordt de straling bedoeld die men ontvangt in de buurt van een radioactieve patiënt. Men komt niet rechtstreeks met de stralingsbron zelf in aanraking, enkel met de straling die ze uitzendt.

Hoeveel "straalt" een patiënt net na de inspuiting?

Het dosistempo wordt vaak uitgedrukt in $\mu\text{Sv/h}$ (microsievert per uur) op een bepaalde afstand (bv. op 1 meter). Deze gegevens moeten gecombineerd worden met de tijd dat er op een bepaalde afstand wordt verbleven. Om de reële situatie te bestuderen heeft de VUB een studie opgezet [13]. Hieruit blijkt dat de opgelopen dosis door het omgaan (verzorging, behandeling, onderzoek) met patiënten nucleaire geneeskunde verwaarloosbaar is.

- Besmetting:

Omdat een gedeelte van de toegediende radioactieve stof door de patiënt zal worden uitgescheiden via de lichaamsvochten (urine, zweet), kan u hiermee ook rechtstreeks in contact komen.

Een besmetting kan extern (vb. op de huid) of intern (vb. door een huidwondje, inademen of inslikken) worden opgelopen. Meestal betreft het kleine hoeveelheden, maar deze bevinden zich wel gedurende lange tijd in of op het lichaam, wat een hoge lokale blootstelling met zich meebrengt. Daarom moeten besmettingen altijd vermeden worden.

Praktische aspecten van stralingsbescherming?

TIJD

Hoe langer u bij de radioactieve patiënt in de buurt blijft, hoe meer u bestraald zal worden.

Praktisch:

- Plan vooraf wat u gaat doen
- Probeer zo efficiënt mogelijk te werken
- Blijf niet onnodig praten met de radioactieve patiënt

AFSTAND

Hoe verder u van de radioactieve patiënt verwijderd blijft, hoe minder straling u zult oplopen. Dit is de meest efficiënte manier om de stralingsdosis te beperken.

Praktisch:

- Zet een stap achteruit tijdens de uitleg aan de radioactieve patiënt
- Zet de eerste dag een stap achteruit wanneer dit mogelijk is tijdens de verzorging, het helpen met eten, aankleden of tijdens het dagelijks praatje.

HYGIËNE

Hierbij zorgt men ervoor dat men zichzelf niet besmet of worden er preventieve maatregelen genomen om besmetting van de omgeving te vermijden.

Praktisch:

- Draag handschoenen (en werkkledij) wanneer u met de persoon zelf of met zijn/haar lichaamsvochten in contact kan komen (vb. bij het wassen, verschonen, eten geven, helpen ...) en was daarna uw handen.
- Contacteer de dienst nucleaire geneeskunde indien er een besmetting is bv. De patiënt heeft in bed geplast. Zij zijn ervoor opgeleid om in zulke situaties op te treden en het afval te bewaren. Indien deze situatie frequent voorkomt, zal er waarschijnlijk een aangepaste opleiding en procedure aangeleerd worden aan het personeel ter plaatse.

Andere praktische tips

Afval van radioactieve patiënten

Volg de richtlijnen van de dienst nucleaire geneeskunde. Zij geven bv. Richtlijnen en zakken mee om het afval van incontinentie patiënten in te bewaren. Berg de luiers op en bewaar ze op de afgesproken plaats. Het radioactieve afval mag niet zomaar het ziekenhuis verlaten. Vandaar deze maatregel.

Bent u zwanger en verzorgt u de patiënten in de radionuclidetherapie-unit?

Niettegenstaande we in deze brochure voor de rest de metabole therapie niet bespreken, maken we toch een uitzondering in deze paragraaf met als doel de brochure volledig te maken voor personeel op verpleegafdelingen.

Kinderen, ook ongeboren kinderen, zijn gevoeliger aan straling dan volwassenen. Bovendien kan een besmetting met een radioactieve stof doorgegeven worden aan het kind via de moedermelk. Zwangere personeelsleden of personeelsleden die borstvoeding geven zullen daarom niet ingeschakeld worden in de verzorging van deze patiënten gedurende de eerste dagen na de behandeling.

Stralingsbeschermingsmaatregelen bij reanimatie van een radioactieve patiënt?

Patiënten die voor een diagnostisch onderzoek in de dienst nucleaire geneeskunde waren, kunnen gerust zoals elke andere patiënt worden behandeld. De normale hygiënische maatregelen zijn van kracht. Er dienen geen specifieke maatregelen voor stralingsbescherming worden genomen.

Bij de reanimatie van een patiënt die werd behandeld met radioactieve stoffen, neemt men best een aantal voorzorgsmaatregelen. Dit geldt in het bijzonder voor patiënten behandeld met I-131. Het is aan te raden zo snel mogelijk een externe of automatische beademing te installeren. Mond-op-mond beademing is te vermijden, gebruik in ieder geval een zakdoek in afwachting.

Overlijden van een patiënt na metabole therapie

Indien een patiënt die werd behandeld met radioactieve stoffen, overlijdt zijn er soms hoge dosistampi in de buurt van deze patiënt te meten. Het radionuclide zal vanaf dat moment ook enkel met de fysische halfwaardetijd vervallen, omdat alle biologische excretie is weggevallen.

Verwittig steeds de dienst voor fysische controle. Zij zullen specifieke maatregelen moeten nemen opdat niemand onnodig bestraald zou worden en geen besmettingen zouden optreden. Er zullen bijvoorbeeld voor de begrafenis ceremonie regels van afstand moeten gerespecteerd worden. Ook voor het tijdelijk bewaren van het stoffelijk overschot zullen bepaalde voorzorgsmaatregelen moeten genomen worden.

Voor crematie verwijzen we naar de richtlijnen van de HGR [14].

3.2.3.3 *Interveniërende buitenstaanders*

3.2.3.3.1 De externe technici in de dienst nucleaire geneeskunde (elektriciens, loodgieters, enz.)

Doelgroep

Beroepshalve komt u op de dienst nucleaire geneeskunde voor herstellingswerken (loodgieterij, elektriciteit, algemene werken,...) of voor onderhoud aan de installatie. Hierbij betreedt u de gecontroleerde zone (bronnen van radioactiviteit). Hierbij zijn er regels te respecteren om de dosis die u oploopt laag te houden. U kunt rechtstreeks tewerkgesteld zijn door het ziekenhuis of als externe werker. Voor de te volgen richtlijnen is dit van geen belang.

Wat is nucleaire geneeskunde?

In de nucleaire geneeskunde krijgen patiënten een radiofarmacon toegediend. Een radiofarmacon is een stof die radioactief gemaakt werd door koppeling met een radionuclide (radioactief atoom). Deze stof heeft als belangrijke eigenschap dat ze zeer specifiek in bepaalde delen van het lichaam wordt opgestapeld waardoor deze delen kunnen in beeld gebracht worden met speciale camera's (gamma-, SPECT- of PET-camera). Na toediening van het radiofarmacon is de patiënt dus zelf (licht) radioactief en is hij/zij een bron van straling. Andere bronnen van ioniserende straling kan men vinden in patiëntentoiletten, vuilnisbakken, volle en lege injectiespuiten, nabij de camera's en algemeen nabij alle materialen die gemerkt zijn met een klaverbladsymbool (stralingssymbool).

Hoe kunt u worden blootgesteld?

Er kunnen twee mogelijkheden van blootstelling onderscheiden worden: externe blootstelling en besmetting

- Externe blootstelling

Met externe blootstelling wordt de straling bedoeld die men ontvangt in de buurt van een patiënt of van radioactieve producten in het warm labo of een RX toestel in werking. Men komt dus niet rechtstreeks met de stralingsbron in aanraking, enkel met de straling die ze uitzendt.

- Besmetting

Als men rechtstreeks in contact komt met de radioactieve producten, gemorste vlekken of afval van patiënten (bv. urine), blijft het radioactieve product op de kledij, handen, enz. Dit wordt een besmetting of contaminatie genoemd. In dit geval moet steeds de besmette huid afgewassen worden en besmette kledij uitgetrokken. Een besmetting kan extern (vb. op de huid) of intern (vb. door een huidwondje, inademen of inslikken) worden opgelopen. Meestal betreft het kleine hoeveelheden, maar deze bevinden zich wel gedurende langere tijd in of op het lichaam, wat een lokale blootstelling met zich meebrengt. Daarom moeten besmettingen altijd vermeden worden. Normaal gezien zijn er geen besmettingen op de dienst nucleaire geneeskunde aanwezig. De lokalen en personen worden regelmatig nagemeten en dit zal zeker gebeuren in geval van werkzaamheden.

Praktische aspecten van de stralingsbescherming

TIJD

Hoe langer u bij een stralingsbron in de buurt blijft, hoe meer u bestraald zal worden.

Praktisch

- Vraag aan de dienst op de lokalen vrij te geven (geen patiënten, de radioactieve producten opbergen en de lokalen nameten zodat er geen besmettingen zijn)
- Als de lokalen vrijgegeven zijn, is er geen probleem en kan men zolang werken als nodig.
- Indien de lokalen niet vrijgegeven zijn, bereid dan de werken voor buiten de dienst, breng al het nodige materiaal mee en voer het werk zo efficiënt mogelijk uit.
- Ga nooit een lokaal binnen waar een CT toestel in werking is. Dit wordt gewoonlijk duidelijk gemaakt in diensten nucleaire geneeskunde door een rood licht boven de deur van het beschouwde lokaal. Wanneer het licht aan is, is binnenkomen verboden.

AFSTAND

Hoe verder u van de radioactieve producten of patiënten verwijderd blijft, hoe minder straling u zult oplopen. Dit is de meest efficiënte manier om de stralingsdosis te beperken.

Praktisch:

- Vraag aan de dienst op de lokalen vrij te geven (geen patiënten, de radioactieve producten opbergen en de lokalen nameten zodat er geen besmettingen zijn)
- Als de lokalen vrijgegeven zijn, is er geen probleem en kan men zolang werken als nodig.
- Als de lokalen niet vrijgegeven zijn, vraag dan aan het personeel van de dienst nucleaire geneeskunde waar de bronnen van activiteit zijn en blijf daar liefst 1 meter vandaan. Vraag eventueel om de bronnen te verzetten.

HYGIËNE

Praktisch:

- Contacteer steeds vooraf de dienst nucleaire geneeskunde en vraag om de lokalen vrij te geven.
- Neem hygiënische maatregelen (handschoenen)
- Hou al het afval in een aparte afvalzak

Specifiek:

- Loodgieterij: Opgelet!
De aflopen van toiletten en zelfs lavabo's zijn mogelijk besmet (radioactieve stoffen). Begin dus niet zomaar te werken en maak goede afspraken met de dienst nucleaire geneeskunde. Idealiter starten de werken na een weekend (dan is de meeste radioactiviteit vervallen). Bij dringende werkzaamheden dienen hygiënische handschoenen onder de werkhandschoenen worden aangetrokken en alle afval (water ...) opgevangen te worden. Al het gebruikte materiaal dient dan eerst 72u op de dienst te blijven of te worden nagemeten.

ORGANISATIE

- PLAN steeds de werkzaamheden en verwittig op voorhand de dienst nucleaire geneeskunde
- Zorg ervoor dat de aangestelde voor bewaking (contactpersoon voor radioactiviteit) kan bereikt worden voor vragen of bij problemen.
- Bij grote werkzaamheden dient er overlegd te worden met de preventiedienst en de dienst voor fysieke controle
- Onderhoud door derden (bv. camera's) dient te gebeuren door beroepshalve blootgesteld personeel (opleiding, dosimetrie, medische opvolging)
- Indien het lokaal niet kan worden vrijgegeven, dient te worden bekeken of er een dosimeter dient gedragen te worden en een dosisbeperking te worden opgelegd.
- De dienst dient steeds afgesloten te zijn of onder toezicht.

3.2.3.3.2 Het onderhoudspersoneel

Doelgroep

Beroepshalve komt u als poetspersoneel eventueel in aanraking met de producten en besmettingen achtergebleven op de dienst nucleaire geneeskunde. U behoort tot de beroepshalve blootgestelde personen en wordt medisch en dosimetrisch opgevolgd. U heeft recht op een opleiding, ongeacht u rechtstreeks door het ziekenhuis wordt te werk gesteld of door een extern bedrijf..

Hieronder is de essentiële informatie verzameld.

Wat is nucleaire geneeskunde?

In de nucleaire geneeskunde krijgen patiënten een radiofarmacon toegediend. Een radiofarmacon is een stof die radioactief gemaakt werd door koppeling met een radionuclide (radioactief atoom). Deze stof heeft als belangrijke eigenschap dat ze zeer specifiek door bepaalde delen van het lichaam wordt opgestapeld waardoor deze delen kunnen in beeld gebracht worden met speciale camera's (gamma-, SPECT- of PET-camera). Na toediening van het radiofarmacon is de patiënt dus zelf (licht) radioactief en is hij/zij een bron van straling. Andere bronnen van ioniserende straling kan men vinden in patiëntentoiletten, vuilnisbakken, volle en lege injectiespuiten, nabij de camera's en algemeen nabij alle materialen die gemerkt zijn met een klaverbladsymbool (stralingsymbool).

Hoe kunt u worden blootgesteld?

Er kunnen twee mogelijkheden van blootstelling onderscheiden worden: externe blootstelling en besmetting

- Externe blootstelling
Met externe blootstelling wordt de straling bedoeld die men ontvangt in de buurt van een radioactieve bron. Men komt niet rechtstreeks met de stralingsbron zelf in aanraking, enkel met de straling die ze uitzendt. Als voorbeeld kunnen we hier de radioactieve producten in het warm labo of in het afvallokaal aanhalen.
- Besmetting
Als men in rechtstreeks contact komt met de radioactieve producten, gemorste vlekken of afval van patiënten of producten, blijft het radioactieve product op de kledij, handen ...zitten. Dit wordt een besmetting of contaminatie genoemd. Een besmetting kan extern (vb. op de

huid) of intern (vb. door een huidwondje, inademen of inslikken) worden opgelopen. Meestal betreft het kleine hoeveelheden, maar deze bevinden zich wel gedurende langere tijd in of op het lichaam, wat een lokale blootstelling met zich meebrengt. Daarom moeten besmettingen altijd vermeden worden. Daarom worden er steeds wegwerphandschoenen gedragen en wordt er apart kuisgerief gebruikt.

Praktische aspecten van de stralingsbescherming

TIJD

Hoe langer u bij een stralingsbron in de buurt blijft, hoe meer u bestraald zal worden.

Praktisch:

- Organiseer het werk
- Eventueel radioactief afval dient onmiddellijk in het afvallokaal geplaatst te worden. Blijf niet in het afvallokaal staan.

AFSTAND

Hoe verder u van de radioactieve producten of patiënten verwijderd blijft, hoe minder straling u ontvangt. Dit is de meest efficiënte manier om de stralingsdosis te beperken.

Praktisch:

- Plaats de poetskar niet in het warm labo of het afvallokaal. Zo wordt er vermeden dat men steeds opnieuw in deze lokalen moet komen.

HYGIËNE

Besmettingen kunnen niet gezien worden. Daarom is het belangrijk om steeds hygiënisch te werken. De dienst nucleaire geneeskunde heeft normaal gezien de lokalen nagemeten vooraleer de plaatsen werden vrijgegeven.

Er mag NIET gegeten of gedronken worden in de dienst nucleaire geneeskunde, behalve in het daarvoor voorziene lokaal (personeelslokaal/keukentje/enz.)

Praktisch:

- Neem hygiënische maatregelen (handschoenen)
- Gebruik steeds het aparte kuisgerief voorzien in de dienst nucleaire geneeskunde. Als er toch radioactieve producten op het kuisgerief zouden zitten, wordt dit niet in de andere diensten verspreid.
- Opgelet voor het toilet. Op deze plaatsen morsen patiënten soms urine. Deze urine is dan licht radioactief. Handschoenen dragen is noodzakelijk.
- Poets enkel op de plaatsen overeengekomen met de dienst nucleaire geneeskunde
- Hou al het afval in een aparte afvalzak en plaats hem waar overeengekomen met de dienst nucleaire geneeskunde.

ORGANISATIE

- Vraag de poetsprocedure en overloop ze met de dienst.
Hierin staat:
 - Wanneer er gepoetst wordt
 - Op welke plaatsen
 - Wat er met het afval dient te gebeuren
- Draag steeds uw dosimeter
- Sluit de dienst af indien u weggaat en er niemand meer is.
- Vraag raad indien u iets niet zeker weet

3.2.3.4 *Verwijzende arts: “Informatie over de praktische aspecten van de bescherming van patiënt en publiek”*

In verband met de diagnostische procedures in de nucleaire geneeskunde moet de verwijzende geneesheer ten minste de volgende aspecten aan de patiënt en in voorkomend geval aan zijn omgeving kunnen toelichten.

Wat is de nucleaire geneeskunde?

Techniek van medische beeldvorming waarbij gebruik gemaakt wordt van lichte radioactieve stoffen om de functie van verschillende organen waar te nemen; de gebruikte stoffen (radiofarmaceutica) verschillen naargelang het te bestuderen orgaan.

Zijn er in mijn geval alternatieven?

Er zijn inderdaad andere onderzoeken mogelijk, maar om de diagnostische vraag exact te beantwoorden en rekening gehouden met de aanbevelingen in de materie, levert het nucleair onderzoek de beste klinische informatie op.

Hoelang blijft de radioactiviteit in mijn lichaam?

In de meeste gevallen (^{99m}Tc [bot, myocardium, nier, long, hersenen, enz.] ^{18}F -FDG [Petscan], ^{123}I [schildklier]), neemt de radioactiviteit snel af, met een halfwaardetijd van 2 tot 6 uur (^{131}I voor ^{123}I). In zeldzame gevallen duurt de halveringstijd langer, maar de toegediende activiteit is veel lager (^{201}Tl [hart], ^{111}In [infectie, tumor], ^{67}Ga [infectie, tumor]) [9].

Moet ik na het onderzoek bijzondere voorzorgen nemen? Kan ik normale activiteiten uitvoeren, gaan werken?

Het wordt aangeraden veel water te drinken, want de meeste radiofarmaca worden doorgaans langs de urinewegen verwijderd. Behalve in specifieke (medische) gevallen zijn er geen bijzondere voorzorgen te nemen. De normale activiteiten, met inbegrip van de beroepsactiviteiten kunnen meteen hervat worden, behalve die waaronder de zorg voor kleine kinderen of zwangere vrouwen valt (termijn van 12 uur).

Moet ik vrezen voor bijwerkingen, een allergie?

Dit komt zeer zelden voor en gewoonlijk na een inspuiting in een ziekenhuisomgeving. Er is geen allergie voor jodium bekend in de nucleaire geneeskunde, omdat de hoeveelheid heel klein is. Er is niets beduidends te vrezen.

Ik ben (mogelijk) zwanger: mag het onderzoek plaatsvinden?

Een nucleair geneeskundig onderzoek mag tijdens de zwangerschap plaatsvinden als het voordeel opweegt tegenover het risico voor de foetus. De verhouding voordeel-nadeel wordt besproken met de geneesheer-specialist. Als er twijfel bestaat over een niet gekende zwangerschap, is het beter een zwangerschapstest uit te voeren en met kennis van zaken een beslissing te nemen. Als het onderzoek niet dringend is (bv. onderzoek van de schildklierziekte), is het steeds beter om de 10-dagenregel toe te passen, namelijk het onderzoek 10 dagen na de volgende ongesteldheid uitvoeren.

Ik heb een nucleair geneeskundig onderzoek ondergaan en achteraf vernam ik dat ik zwanger was

Indien een diagnostisch onderzoek bij een zwangere patiënt (niet gekend op het moment van de toediening) werd uitgevoerd, dient het risico in overleg met een medische stralingsfysicus geëvalueerd te worden. Er mag echter niet worden geadviseerd tot onderbreking van de zwangerschap.

Ik geef borstvoeding: zijn er voorzorgen die ik moet treffen na het onderzoek?

In de meeste gevallen mag de borstvoeding voortgezet worden, als de volgende regel wordt nageleefd: borstvoeden net voor de inspuiting en vervolgens 6 uur nadien. Meer informatie is beschikbaar in het verslag van de HGR over dit onderwerp [12].

Mag ik na dit onderzoek in verwachting raken?

Na een diagnostisch nucleair geneeskundig onderzoek wordt er geen interval aanbevolen voor een toekomstige zwangerschap. Bovendien wordt de vruchtbaarheid in geen enkel geval aangetast.

De patiënt is incontinent (baby, bejaarde, neurologische of psychiatrische stoornissen). Is dit een probleem?

Bij het wisselen van de luiers of tijdens het toilet maken moet besmetting vermeden worden door eventueel (niet-steriele) wegwerphandschoenen te dragen. Als er zich een voorval voordoet, is een reiniging met zuiver water aangewezen, maar gewone reinigingsmiddelen moeten vermeden worden.

Moet ik nuchter zijn voor dit onderzoek, bepaalde geneesmiddelen vermijden?

Meestal moet de patiënt niet nuchter zijn, behalve voor de meeste PET-scans en de onderzoeken van het spijsverteringskanaal. Gewoonlijk verstrekt de dienst de inlichtingen bij het maken van de afspraak. Als het niet is aangewezen nuchter te zijn, is het nutteloos om het toch te zijn, want dit kan de hydratatie negatief beïnvloeden. Doorgaans mag het nemen van de gewoonlijke geneesmiddelen voortgezet worden. In een tabel uit bijlage 9 staan de onverenigbaarheden die het tijdelijk stopzetten van een geneesmiddel vereisen.

Mag ik het openbaar vervoer nemen om mij naar het ziekenhuis te begeven?

Ja, er is geen probleem, buiten het geval van niet-ondersteunde incontinentie.

Informatie over therapeutische procedures?

Meer informatie werd door de HGR ter beschikking gesteld voor wat betreft de therapeutische procedures die buiten dit verslag vallen (HGR 7221). Omdat de toegediende activiteiten veel groter zijn, is het belangrijk dat elke betrokken geneesheer zich ze kan raadplegen en de nucleaire geneeskundigen de inhoud schriftelijk of mondeling aan patiënten als aan collega's meedelen.

Wat te doen bij het overlijden van een patiënt na een behandeling of onderzoek met radionucliden?

Tot slot kan het voorvallen dat een patiënt onverwacht overlijdt na een nucleair geneeskundige behandeling of onderzoek (verkeersongeluk, onvoorzienbare hartstilstand, enz.). Het formulier voor de aangifte van het overlijden omvat een aanvinkvakje voor de aanwezigheid van radioactieve stoffen in het stoffelijk overschot. In het geval van diagnostische procedures, moet dit niet aangevinkt worden, gezien de korte fysische halfwaardetijd van de gebruikte radionucliden. In geval van twijfel kan het nuttig zijn om contact op te nemen met de arts die het onderzoek heeft uitgevoerd of bij ontstentenis met de hotline van het FANC. De HGR heeft onlangs een advies uitgebracht over dit onderwerp (HGR 8416) en informatie is ook beschikbaar op de website van het FANC (<http://www.fanc.fgov.be/nl/news/praktische-fanc-wegwijzer-voor-huisartsen-over-de-problematiek-van-radioactieve-stoffelijke-overschotten/521.aspx>)

4 REFERENTIES

1. KB van 20 juli 2001 tot inwerkingstelling van de wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, B.S. n° 244, 30 augustus 2001
2. Hoge Gezondheidsraad, Aanbevelingen inzake therapie door middel van radionucliden onder niet-ingekapselde vorm, HGR 7221 december 2005, 2005
3. International Commission on Radiological Protection. 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4). Oxford: Elsevier Ltd, 2007
4. European Commission Council Directive 96/29/EURATOM of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionising radiation. Official Journal of the European Communities, L159, Vol. 39 (29 June 1996).
5. International Commission on Radiological Protection. Statement on Tissue Reactions ICRP Reference 4823-3093-1464, 2011
6. Stritt N, Linder R, Measures taken by the supervisory authority to reduce extremity doses in nuclear medicine facilities in Switzerland, Radiat Meas 46 (11), 1315-1320, 2011
7. Carnicer A, Sans-Merce M, Baechler et al. Hand exposure in diagnostic nuclear medicine with ¹⁸F- and ^{99m}Tc-labelled radiopharmaceuticals - Results of the ORAMED. Radiat Meas 46 (11), 1277-1282, 2011
8. Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Lijst van geattesteerde opleidingen overeenkomstig artikel 53.2 van KB 230/07/2007, www.fanc.fgov.be
9. De Geest E, Practical aspects of quality assurance and radiological protection in nuclear medicine, workgroup BSNM, Annalen van de Belgische vereniging voor stralingsbescherming 27(4) 173-180, 2002
10. Mountford PJ, O'Doherty MJ, Exposure of critical groups to nuclear medicine patients, Appl Radiat Isotopes 50 89-111, 1999
11. Delacroix D, Guerre JP, Leblanc P and Hickman C. Radionuclide and radiation protection data handbook 2002. Radiat Prot Dosim 2002; 98.
12. Hoge Gezondheidsraad, Optimalisatie binnen de nucleaire geneeskunde: Toepassing van de nucleaire geneeskunde in bijzondere omstandigheden HGR 8099 juni 2006, 2006
13. Covens P, Berus D, de Mey J and Buls N, Mapping Very Low Level Occupational Exposure in Medical Imaging: A Useful Tool in Risk Communication and Decision Making, Eur J Rad 81(9) e962-e966, 2012
14. Hoge Gezondheidsraad, Advies van de Hoge Gezondheidsraad betreffende de problematiek van de crematie van overledenen dragers van radioactieve bronnen HGR 8416
15. European Commission Council Directive 97/43/EURATOM. Health Protection of Individuals against the Danger of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposures. Official Journal of the European Communities, L180 Vol 22, 9 July 1997.

5 BIJLAGEN

BIJLAGE 1: Blootstelling van het personeel in de nucleaire geneeskunde: objectieve beoordeling

De introductie van nieuwe beeldvormingsmethoden in de nucleaire geneeskunde en de verspreiding van de activiteit van metabole therapie zijn twee factoren die de ontvangen dosissen kunnen doen toenemen bij de beroepshalve blootgestelde personen in de diensten nucleaire geneeskunde. In het bijzonder kan de brede introductie van de PET-scan in de dagelijkse praktijk alleen al tot hogere dosissen leiden. De hoge energie van annihilatiefotonen (511 keV) en in mindere mate van bèta+-deeltjes, samen met de omvang van de toegediende activiteiten en de recente introductie van een gemengde techniek van PET- en CT-scan (X-stralen) zijn eveneens factoren die de dosissen voor het personeel kunnen verhogen, op het niveau van het ganse lichaam en de extremiteiten. Omgekeerd zouden de nieuwe dosislimieten, die in België sinds 2001 van toepassing zijn, en een grondigere vorming van het betrokken personeel tot handelingen moeten leiden die de dosissen doen afnemen.

De Hoge Gezondheidsraad samen met de werkgroep "Stralingsbescherming" van het Belgisch Genootschap voor Nucleaire Geneeskunde heeft in dat opzicht een enquête afgenomen bij een aantal diensten voor nucleaire geneeskunde om de dosissen die de verschillende interveniërende personen (technisch en verzorgend personeel, medisch stralingsfysici, radiofarmaceuten, artsen, enz.) in deze diensten ontvangen objectief te kunnen beoordelen. Meer dan een momentopname was het opzet van de enquête het volgen van de aanpassingen van de dosissen in de tijd en in het bijzonder, bij de introductie van de PET-scan. De enquête is niet-exhaustief, de gecontacteerde diensten hebben ze op vrijwillige basis ingevuld. Het zou beter geweest zijn om over een precies register te beschikken van de door het personeel ontvangen dosissen, maar dit soort gegevens, hoewel officieel aan de minister van Werkgelegenheid gevraagd lijken niet te bestaan. Ook het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, dat voor deze taak niet bevoegd is, beschikt niet over deze gegevens op een systematische manier.

De volgende pagina's geven de methodologie en de resultaten (anoniem) van deze enquête weer, alsook een analyse die probeert aan te geven welke factoren, tussen de diensten of binnen dezelfde dienst, de dosissen van het personeel kunnen beïnvloeden (werklast VTE, grootte van de lokalen, soort procedures, installatie van een PET-scan, maatregelen van stralingsbescherming en in het bijzonder de gebruikte afschermingen ...). Op basis van deze resultaten en de analyse werden een reeks aanbevelingen verstrekt om de diensten aan te moedigen hun procedures te verbeteren en eventueel hun beschermingsuitrusting te optimaliseren.

Doel

Het doel van deze studie is een objectieve evaluatie te maken van de externe dosis van de beroepshalve blootgestelde werkers in de nucleaire geneeskunde. Verder wordt de impact van de recente introductie van PET op deze dosis bestudeerd. Aan de hand hiervan zal dan worden bekeken of de huidige regels van goede praktijk die gevolgd worden voldoende zijn, of er anderszits extra richtlijnen nodig zijn en deze dan samen te vatten voor een breed publiek.

Methode

Begin 2006 werd een enquête opgesteld door de Hoge Gezondheidsraad met als doel gegevens te verkrijgen over de geregistreerde persoonlijke dosissen (Hp 10) van personeel en de omstandigheden waarin deze werden opgelopen. De enquête werd anoniem verwerkt in samenwerking met het Belgisch Genootschap voor Nucleaire Geneeskunde (BGNG).

Problemen bij verwerking

De methode om te werken met een anonieme enquête heeft enkele nadelen die hierna worden opgesomd:

- Het niet invullen van de enquête voor alle personeelsleden, geeft een verkeerde collectieve dosis voor de dienst en een foute individuele dosis per full time equivalent (FTE) genormaliseerd voor het aantal patiënten per FTE
- Foute of onvolledige gegevens over het werkregime zoals zwangerschapsverlof, pensioneringen voor het einde van het kalenderjaar,... geeft eveneens aanleiding tot verkeerde collectieve dosis per FTE en een foute individuele dosis per onderzoek.
- Het niet invullen van alle gegevens, geeft een andere opdeling per subcategorie

Rekening houdend met deze reserves kunnen uit deze studie de algemene lijnen in de evolutie van klassieke nucleaire geneeskunde naar PET volgen. Uiteraard zijn dit algemene trends en niet te interpreteren als individuele waarheden.

Gebrek aan centrale gegevensbank

Het opzetten van deze studie werd bemoeilijkt door het ontbreken van een centrale gegevensbank voor dosissen van beroepshalve blootgestelde werkers. Het opzetten van zulke database kan naar onze mening de stralingsbescherming optimaliseren. De evaluatie van stralingsbeschermingsmaatregelen door middel van dosimetrie en de studie van deze gegevens is een essentieel onderdeel van de bescherming tegen ioniserende straling.

Analyse gegevens

Algemeen

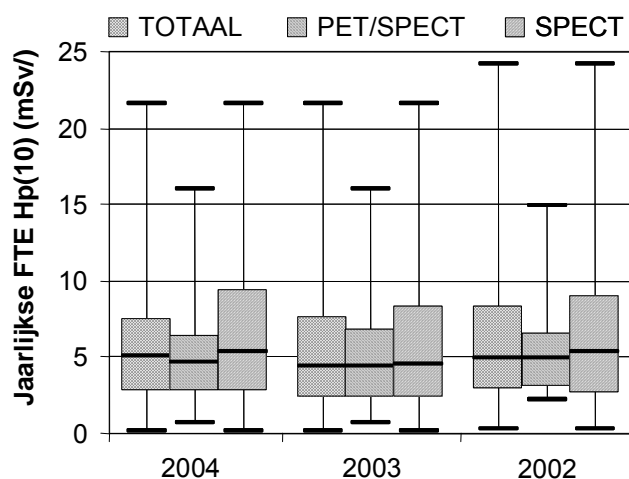
In totaal werden 12 centra gecontacteerd met een PET-afdeling en 16 centra die enkel klassieke nucleaire geneeskunde aanbieden. Respectievelijk waren er 8 PET, met 109 personeelsleden waarvan 61 technologen en verpleging en 13 NG centra, met 68 personeelsleden waarvan 44 technologen en verpleging, bereid om mee te werken.

De resultaten tonen dat de PET afdeling algemeen in grotere ziekenhuizen wordt ingeplant (gemiddeld 700 bedden t.o.v. 400 bedden in de centra voor NG), dat de totale oppervlakte van de dienst bijna dubbel zo groot is (600 m² t.o.v. 320 m²) en dat het gemiddelde cameraleokaal in beide gevallen ongeveer is even groot (gemiddeld 34 m²).

Bij het analyseren van de dosis gegevens hebben we enkel deze van de verpleging en de technologen in acht genomen. We zien namelijk dat de dosissen van artsen, fysici en ander personeel op de dienst aanwezig verwaarloosbaar zijn t.o.v. de eerste categorie.

Invloed van PET

Wanneer de evolutie van de Full Time Equivalente (FTE) Hp(10) wordt bekeken van jaar tot jaar (2002-2003-2004), kunnen we in de boxplot van figuur 1 vaststellen dat deze vrij stabiel zijn. Dit geldt zowel voor verdeling van de dosissen bij personen die naast SPECT-onderzoeken ook betrokken zijn bij PET onderzoeken ("PET/SPECT", $N=40$) als bij personen die enkel betrokken zijn bij SPECT-onderzoeken ("SPECT", $N=65$).



Figuur 1: Jaarlijkse FTE dosis voor personen betrokken bij PET en niet betrokken bij PET

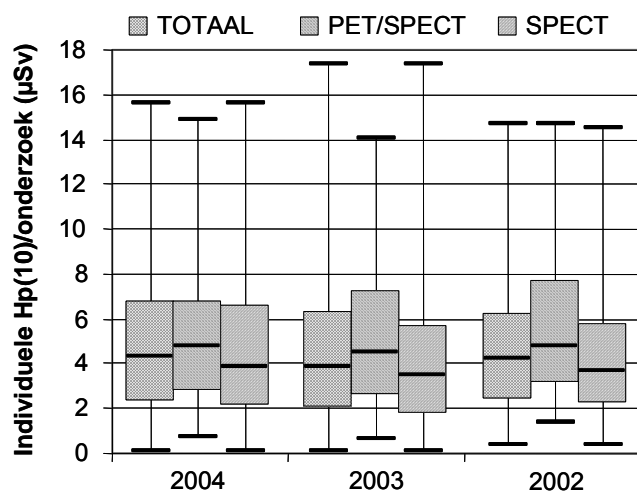
Zoals aangehaald in de paragraaf over de problemen bij de verwerking zijn er enorme uitschieters die waarschijnlijk niet de werkelijkheid vertegenwoordigen zoals bvb:

- Persoon nr. 19 haalt in 2004 een dosis van 5.38mSv tijdens een deeltijds werkregime van slechts 25% !
- Persoon nr. 101 haalt in 2004 een dosis van slechts 0.67mSv en dit tijdens een voltijds werkregime!

Beiden personen hebben de functie van verpleegkundige, zijn betrokken bij de voorbereiding en verzorgen de inspuiting.

Volgens figuur 1 is er weinig verschil op te merken tussen de FTE dosis van personen die betrokken zijn bij PET en de FTE dosis van personen die niet betrokken zijn bij PET. Dit is nochtans niet wat men verwacht vanwege het hogere dosistempo bij PET-onderzoeken.

Wanneer men echter de individuele dosis berekend per uitgevoerd onderzoek (gebaseerd op workload 2004) vertoont de boxplot in figuur 2 een lichte trend die wijst op hogere waarden voor personen die betrokken zijn bij PET-onderzoeken.



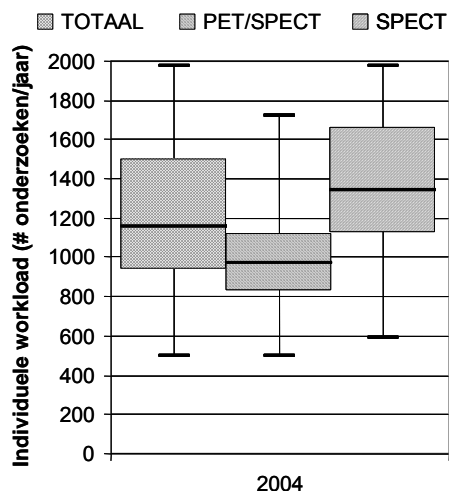
Figuur 2: Individuele dosis per onderzoek, gebaseerd op workload 2004 voor personen betrokken bij PET en niet betrokken bij PET

Gegevens uit de literatuur (Tabel 1) duiden eveneens op hogere individuele dosissen per onderzoek bij PET in vergelijking met SPECT en zijn in overeenstemming met deze trend.

	Dosis per onderzoek (µSv)			
	PET		SPECT	
	Min	Max	Min	Max
Guillet 2005	1.6	4.4		
Biran 2004	4.0	12.6		
Benatar 2000	6.4	8.8		
Chiesa 1997	5.9	11.5	0.2	1.7
McElroy 1998	5.4	18.9		
Sloboda 1987			1.3	3.9
Harding 1987			1.2	1.7

Tabel 1: Individuele dosis per onderzoek uit literatuur

De reden voor het niet-significante verschil bij de FTE jaardosissen tussen PET/SPECT en SPECT personeel kan eventueel verklaard worden door het verschil in individuele workload (# onderzoeken). Volgens de opgenomen gegevens nemen personen die betrokken zijn bij PET-onderzoeken op jaarbasis beduidend minder onderzoeken voor hun rekening.

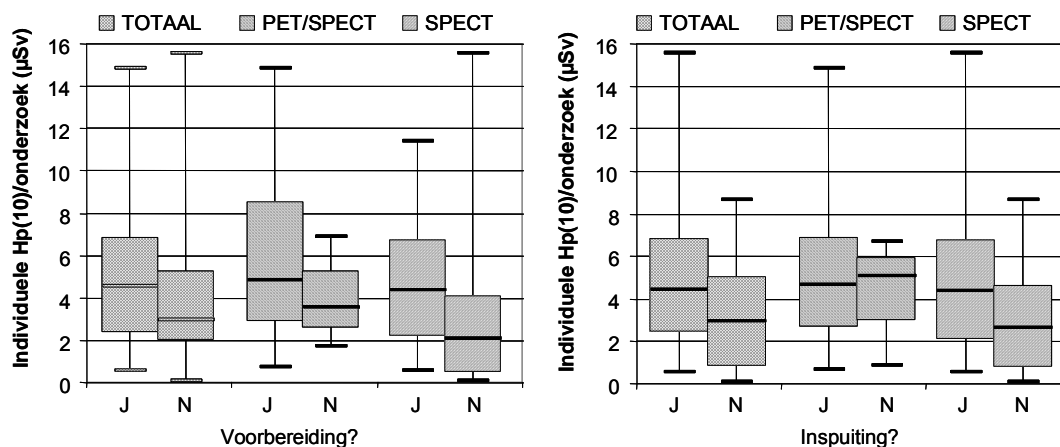


Figuur 3: Individuele workload voor personen betrokken bij PET en niet betrokken bij PET (jaar 2004)

Invloed van specifieke taken

De taken binnen de verschillende diensten blijken invloed te hebben op de personeelsdosis. Voor de 3 categorieën wordt opgemerkt dat de voorbereiding en de inspuiting van radiofarmaca voor een verhoging van ongeveer 30 % van de dosis zorgen. Beide manipulaties zijn bovendien voor het overgrote deel gekoppeld daar in 65% van de gevallen T en V instaan voor voorbereiding én inspuiting.

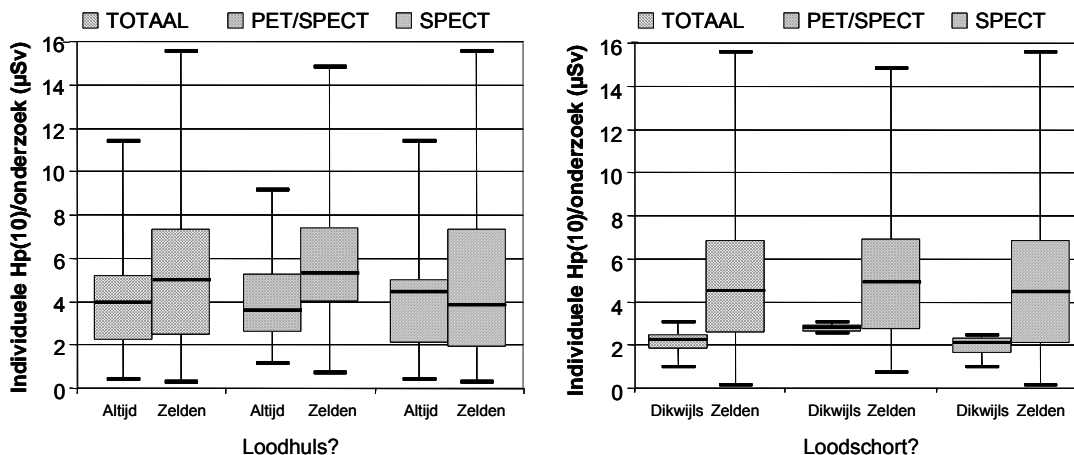
Het niet uitvoeren van de voorbereiding heeft echter een grotere invloed bij SPECT dan bij PET/SPECT (fig 4). Dit is waarschijnlijk te verklaren door hoge graad van automatisatie tijdens FDG-synthese en/of het feit dat het radiofarmacon niet ter plaatse bereid wordt. Dezelfde trend ziet men bij inspuiting zij het echter dat het aantal personen dat niet instaat voor inspuiting bij PET/SPECT beperkt is ($N=3$) om in deze groep conclusies te trekken.



Figuur 4: Invloed van taken op de individuele dosis per onderzoek

Invloed van gebruikte beschermingsmiddelen

Ongeveer de helft van de mensen gebruikt een loodhuls om in te spuiten zowel in de PET/SPECT als SPECT populatie. Echter het effect (Fig 5.) is veel groter in de PET/SPECT populatie. Voor SPECT gebruikers is het verschil niet echt significant merkbaar.

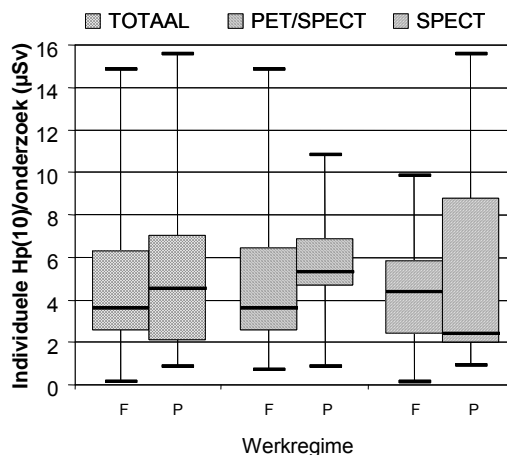


Figuur 5: Invloed van beschermingsmiddelen op de individuele dosis per onderzoek (2004)

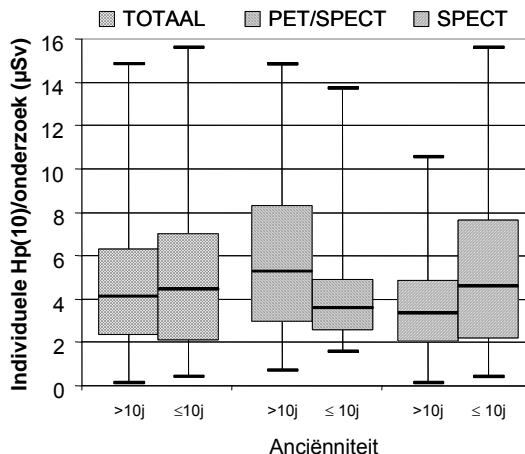
95% van de mensen geven aan dat zij zelden of nooit een loodschort dragen. Het is dus moeilijk om in de afzonderlijke populaties een duidelijk verband te zien tussen dit beschermingsmiddel en de opgelopen dosis (Fig. 5). Over de totale populatie hebben de loodschortdragers ($N=8$) weliswaar een beduidend lagere individuele dosis. Deze lage dosis kan naast het gebruik van het beschermingsmiddel echter ook wijzen op een verschil in mentaliteit bij loodschortdragers.

Werkregime, anciënniteit en opleiding

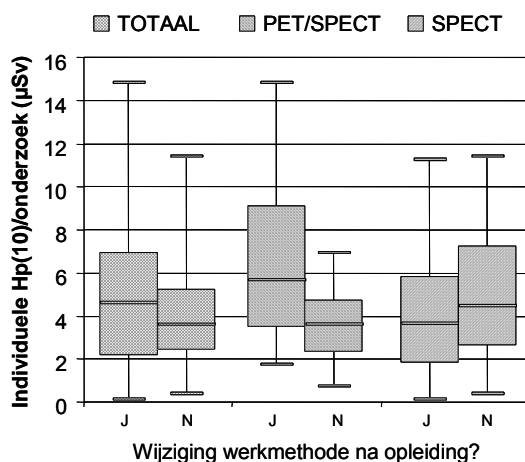
Het werkregime (fig. 6). en de anciënniteit (fig. 7). blijken geen invloed te hebben op de personeelsdosis. Ook op de vraag of de extra opleiding (Art. 53.2) nieuwe gedragingen met zich hebben gebracht vinden we dezelfde verhoudingen terug (fig.8).



Figuur 6: Invloed van Full-Time (F) of Part-Time (P) op de individuele dosis per onderzoek (2004)



Figuur 7: Invloed van anciënniteit op de individuele dosis per onderzoek (2004)



Figuur 8: Invloed van opleiding op de individuele dosis per onderzoek (2004)

Het is opvallend dat PET gebruikers veel meer een extremitendosismeter dragen, nl. 68% t.o.v. 21% bij niet-PET gebruiker. De gegevens over de dosissen in deze studie waren echter onvoldoende om hieruit conclusies te trekken.

Besluit

Een jaardosis van ~5mSv kan aanzien worden als een typische FTE-dosis voor technologen en/of verpleegkundigen in het domein van de nucleaire geneeskunde. De introductie van PET in verschillende diensten heeft geen noemenswaardige verhoging van de personeelsdosis veroorzaakt. Aangezien in de meeste gevallen de opgelopen dosis per onderzoek bij PET hoger ligt, kan dit vooral te wijten zijn aan het verschil in workload.

Naast deze trend is het vooral op te merken dat er zich bij de personeelsdoses enorme uitschieters bevinden. Sommige personen ontvangen een 10x hogere dosis per onderzoek dan andere personen. Het is echter niet altijd duidelijk welke factoren deze hoge (of lage) doses

veroorzaken. Individuele taken zoals voorbereiding en inspuiting hebben een beperkte invloed. Het verwachte positieve effect van het gebruik van een loodhuls is enkel bij PET aantoonbaar.

In de kleine groep personen die verklaarden een loodschort te dragen werd een lagere dosis vastgesteld. Door het beperkte aantal gegevens kan men echter niet besluiten dat de loodschort als enig beschermingsmiddel hiervoor verantwoordelijk is.

Het is merkwaardig dat noch anciënniteit, noch de verplichte opleiding (art 53.2) een beduidende invloed hebben op de personeelsdosis.

Zoals eerder aangehaald werd, zijn de gegevens van deze studie afkomstig van een enquête en is het ontbreken van een centrale dosisgegevensbank hier het zwakke punt. Bovendien behandelde deze studies enkel de gegevens over de externe stralingsdosis terwijl besmettingen eveneens een bijdrage kunnen leveren aan de effectieve dosis.

Aanbevelingen

Wij zijn er ons van bewust dat dit rapport op vrijwilligerschap berust, aangezien we wel degelijk weten dat België niet over een gegevensbank beschikt. Desondanks kunnen we toch al de volgende aanbevelingen doen :

Het niet naleven van de stralingsbeschermingsregels heeft een directere impact op de dosis bij PET gebruikers (zoals het niet gebruiken van loodhulzen). Er dient dus blijvende aandacht besteed te worden aan klassieke regels zoals

- Steeds afschermingen gebruiken
 - o loodhulzen,
 - o transportkoffertjes
 - o schermen
 - o afgeschermd vuilnisbakken, wattenpotjes,...
- Netjes werken, contaminaties vermijden
- Aandacht voor de inrichting van de dienst: voldoende oppervlakte voorzien en loodafscherming aan te passen als het aantal onderzoeken toeneemt
- In dit stadium kan het systematisch dragen van een loodschort niet worden aanbevolen: de efficiëntie daarvan moet in een ruimer kader en op wetenschappelijke grondslag worden bekeken. Wat er ook van zij, een loodschort mag enkel worden overwogen voor de SPECT-procedures bij middel van een gamma-straler met lage energie en bij gebruik van röntgenstralen op hybride toestellen in de nabijheid van de patiënten.

Naast die klassieke regels en gelet op sommige technologische verbeteringen waarmee een verkorting van de onderzoeksduur en dus een sneller werktempo mogelijk worden, dient een verhoging van de werklust van de PET-technologen te worden vermeden, aangezien die ongunstige resultaten op hun dosimetrie tot gevolg kan hebben.

De bijdrage van de interne besmetting dient bestudeerd te worden om te beoordelen of die een verwaarloosbaar of zorgwekkend probleem vormt. Lopende gecontroleerde studies over de dosissen ter hoogte van de extremiteiten en de ooglen kunnen in de komende jaren die aanbevelingen eveneens verbeteren.

Voor het invoeren en het behoud van de goede praktijkvoeringen en reflexen is het belangrijk aan te dringen op :

- Regelmatig bijscholen (training en opfrissing)
- Een praktische en duurzame implementatie van Art 25. zou deze continue opleiding moeten kunnen invullen.

Aangezien de dosisgegevens niet altijd betrouwbaar zijn is ook het volgende te overwegen:

- Er is dringend nood aan het opstellen van een nationale dosisgegevensbank en dit moet een prioriteit zijn voor de overheid. Bovendien, een regelmatige audit van die gegevens en het systematisch uitvoeren van dosismetrische studies om de stralingsbescherming te evalueren zijn onontbeerlijk.

BIJLAGE 2: Rapport ExDos:

(Originele versie met toestemming van de auteurs en het FANC [P. Vanhaeve, L. Struelens et S. Krim] (<http://www.fanc.fgov.be/ /GED/00000000/2700/2757.pdf>)

Executive Summary

In Belgium hardly any extremity and/ or eye lens doses are recorded on a routine basis for interventional procedures. However, the phenomena of cataract as a consequence of the exposure to ionizing radiation is a big issue and it is considered to reduce the dose limit for eye lens doses.

In nuclear medicine sometimes a ring or wrist dosimeter is used routinely. These dosimeters, however, can underestimate the maximum skin dose per square centimeter with a factor 4 to 10, depending on the position of the dosimeter and the procedure.

For the 7th framework program of the EC, a new project (ORAMED www.ored-fp7.eu) was proposed and one of the major objectives was to determine extremity doses for interventional procedures and in nuclear medicine. The European project consists of 12 partners and in every participating country, measurements were performed in 3 and 2 hospitals for the interventional radiology/cardiology procedures and in nuclear medicine, respectively.

To obtain a more global overview of the situation in Belgium on the problematic of extremity doses and to be able to introduce the necessary radiation protection measures it was recommended to increase the number of hospitals. These extra measurements were performed within the Belgian ExDos project.

The Exdos project can be divided into 2 groups, classified according to the type of procedures that are considered:

- A. Extremity / eye lens dosimetry for interventional procedures
- B. Extremity dosimetry in nuclear medicine

I- Extremity / eye lens dosimetry for interventional procedures

Within ExDos dose measurements are performed for:

- CA & PTCA
- RF Ablations
- Pacemakers and ICD implantation
- ERCP
- Vertebroplasties/kyphoplasties

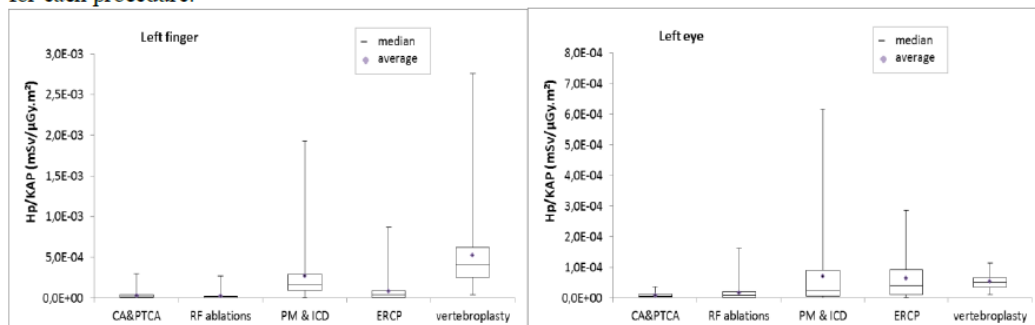
For CA & PTCA, RF ablations and ERCP, measurements are performed in 9 different Belgian hospitals. PM and ICD implantations are monitored in 8 hospitals. Vertebroplasty procedures are performed less frequently and measurements were performed in 5 hospitals. In total, 354 measurements were collected.

Dose measurements were performed using thermoluminescent dosimeters (TLDs) LiF crystals, doped with magnesium, copper and phosphore (LiF:Mg,Cu, P). The TLDs were sealed in small plastic bags and taped on the parts of the body to be monitored. 8 TLDs were used: 1 on each ring finger and wrist, 1 on each leg about 5 cm below the lead apron, 1 between the eyes and 1 on the side near the left or right eye. Next to these dose measurements, also useful information about the X-ray system, the protection measures, KAP (Kerma-Area-Product) and the working procedure are collected, using well-established measurement protocols.

From all monitored procedures we observed that highest Hp(0.07)/KAP doses were obtained for the PM & ICD implantations and for the vertebroplasty/kyphoplasty procedures. For PM & ICD implantations, the operators are standing at the shoulder of the patient close to the X-ray beam. We also observed that in most cases no ceiling shield is used to protect the eyes and hands of the operator. Moreover, it was regularly observed during the measurement campaign that the hands were inside the primary X-ray beam. The same accounts for the vertebroplasty and kyphoplasty procedures. Also with these procedures no ceiling shields are used as they tend to obstruct the operator in its working practice. Another option for this specific procedure is to use a novel cement delivery system from a distance.

The lowest Hp(0.07)/KAP are obtained for the CA & PTCA procedures and RF ablations. For these procedures operators are more and more aware of radiation protection issues and radiation protection shielding is commonly used. The ERCP procedure has in general low absolute Hp(0.07) dose values because a small amount of radiation is used during this procedure (the lowest KAP values are obtained). However, for these procedures often X-ray systems are used with tube-above configurations and again protected shielding is not commonly used. This resulted in reasonable Hp(0.07)/KAP values for the eyes. In the figures below, an overview is given

of the extremity doses per unit of KAP for all hospitals together on the left finger and the left eye, respectively for each procedure.



Comparison of $H_p(0.07)/KAP$ for each procedures at the left finger (left) and left eye (right)

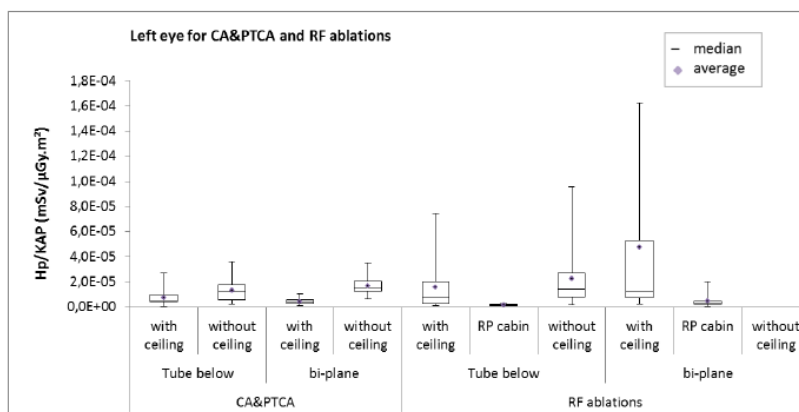
It is obvious that the use of radiation protection screens like the table shield, ceiling shield and RP cabin will decrease extremity doses to the legs, hands and eye lens doses, respectively.

The large database of the ExDos project makes it possible to make a representative assessment of how large this reduction is. For the PM & ICD procedures it was determined that the use of the table shield reduces the doses to the legs with 58%. For the ERCP leg doses were reduced with 70% and even 85% if only the tube-below configurations were taken into account. For the RF ablations and CA & PTCA procedures a reduction of 80% to the leg doses is determined when table shielding is used.

The use of a ceiling suspended shield has the largest effect on the eye doses. If well positioned, also the doses to the hands can be reduced. For RF ablations and CA & PTCA procedures, the eye doses are on average reduced with 80% by using a ceiling suspended shield. This kind of shielding was not used for ERCP, PM & ICD implantations and the vertebroplasty & kyphoplasty procedures.

For the RF ablations, 2 hospitals used the RP cabin protection. Eye and finger doses decrease with 67% and 58%, respectively, compared to the procedures where a ceiling shield was used. The leg doses are further reduced with 80% compared to the use of a table shield.

In the figure below, the doses to the eye lens are presented for CA&PTCA procedures and RF ablations, for different tube configurations and compared between no use of ceiling shield, with the use of ceiling shield and when the RP cabin is used.



The effect of the tube configuration and protective equipment on the dose to the left finger for CA & PTCA procedures and RF ablations

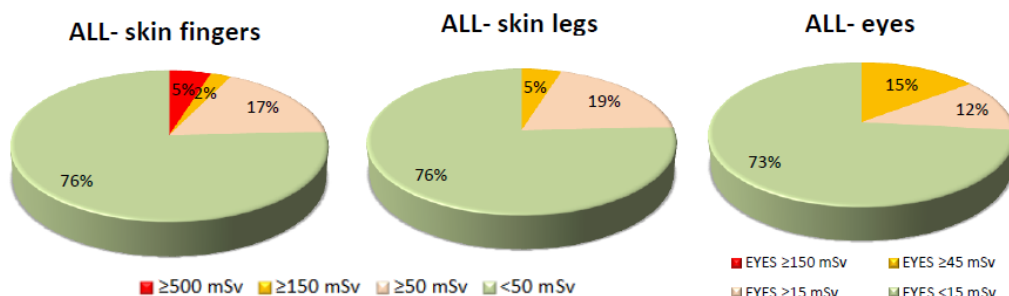
The annual dose limit for deterministic effects to the skin is set to 500 mSv averaged over 1cm² area of skin regardless of the area exposed. The annual dose limit for deterministic effects to the eye lens is set to 150 mSv.

When 3/10th of the limit is reached, it is legally required that doses are routinely monitored.

For the operators monitored during this project an estimation is made of the annual dose by multiplying the average dose obtained for a certain procedure with his workload (number of procedures) of one year.

In appendix B, the annual doses for each operator are presented, together with information regarding the tube configuration and room protective equipment.

In the figure below, a frequency distribution is given of how many times a certain dose is exceeded for all procedures together.



For the hands and legs, routine monitoring is necessary for doses > 150 mSv. For the eye lens, routine monitoring is necessary for doses > 45 mSv.

From the control of annual doses to different operators, we would recommend that routine monitoring is certainly useful for some interventional procedures. For PM & ICD implantations and vertebroplasty & kyphoplasty a routine monitoring of hand doses is required. Routine monitoring of eye lens doses is needed for all procedures, if the limit will be reduced.

For bi-plane systems and for tube-below configurations leg doses become high if no table shield is used, or when it is not properly used. If the table shield is always used, leg doses can be reduced significantly and no routine monitoring would be necessary.

A strong point of the ExDos project is that we have an overview of extremity and eye lens doses for a large number of hospitals. The obtained database is really representative for Belgium.

In general, extremity and eye lens doses can be reduced significantly with the use of protective shielding. However, the correct positioning of this shielding is one of the issues in practice at the moment. Especially the ceiling suspended shield is often not used effectively.

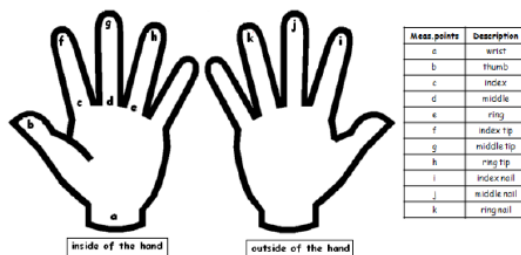
II- Extremity dosimetry for nuclear medicine

An extensive measurement program was performed with unified protocols in 13 different nuclear medicine departments distributed in Wallonia, Flanders and Brussels.

For diagnostics, two radionuclides were considered: F^{18} used for PET examinations and Tc^{99m} used for planar and SPECT examinations. For therapy, three of the most frequent treatments Zevalin, DOTATOC and SIRS labeled with Y^{90} were retained.

The objectives in ExDos were to carry out measurements in 8 hospitals for Tc^{99m} and F^{18} . For therapy applications, as many procedures as possible were followed. Series of 4 or 5 measurements for two different technicians for each one of the selected procedures were programmed.

The protocols specific to the labeling or the administration were adapted to diagnostic and therapeutic applications. Complementary information about the worker's dominant hand, his experience and the applied radiation protection equipment were collected for each monitored worker in order to correlate it with the measured extremity doses. To measure the skin dose across the hands, special gloves were designed with high sensitivity thermoluminescent dosimeters (TLD) placed at a minimum of 11 different positions on each hand. The positions are labeled a-k for the non-dominant (ND) hand, and A-K for the dominant (D) hand.



The results from EXDOS were used to have an overview of the extremity doses in Belgium. Within the ORAMED project, the results (together with results from other European countries and from simulations) will be analysed to make recommendations for better radiation protection.

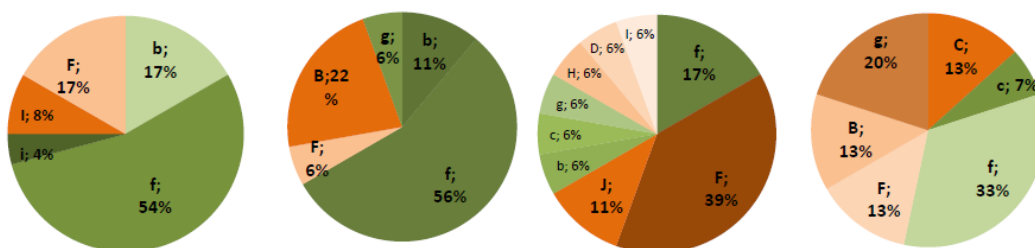
In total, 378 measurements were collected and used for the analysis, from which

- 117 measurements from preparation of Tc^{99m} (18 workers)
- 90 measurements from administration of Tc^{99m} (18 workers),
- 84 measurements from preparation of F^{18} (18 workers),
- 66 measurements from administration of F^{18} (15 workers),
- 19 measurements for therapy with Y^{90} (preparation),
- 11 measurements for therapy with Y^{90} (administration),

All data were collected over a period of 24 months (from November 2008 until November 2010). The therapies with Y^{90} are non-frequently performed procedures and only a few were followed.

Firstly, this extensive Belgian study on extremity dosimetry in nuclear medicine helped in assessing the locations of the maximal doses on the hand of the worker for the different types of procedure.

In the following pies are given -averaged per worker- the frequency and the location of the maximum doses respectively for the preparation and administration for both Tc^{99m} and F^{18} .



Frequency and the location of the maximum doses respectively for Tc Prep – Tc Adm – FDG Prep – FDG Adm

At first glance, the non dominant hand (green slices) is more frequently exposed than the dominant hand for most of the workers for both preparation and administration of Tc^{99m} . In the contrary, the dominant hand (orange slices) is clearly more exposed for the preparation of F^{18} whereas for the administration it is not so evident.

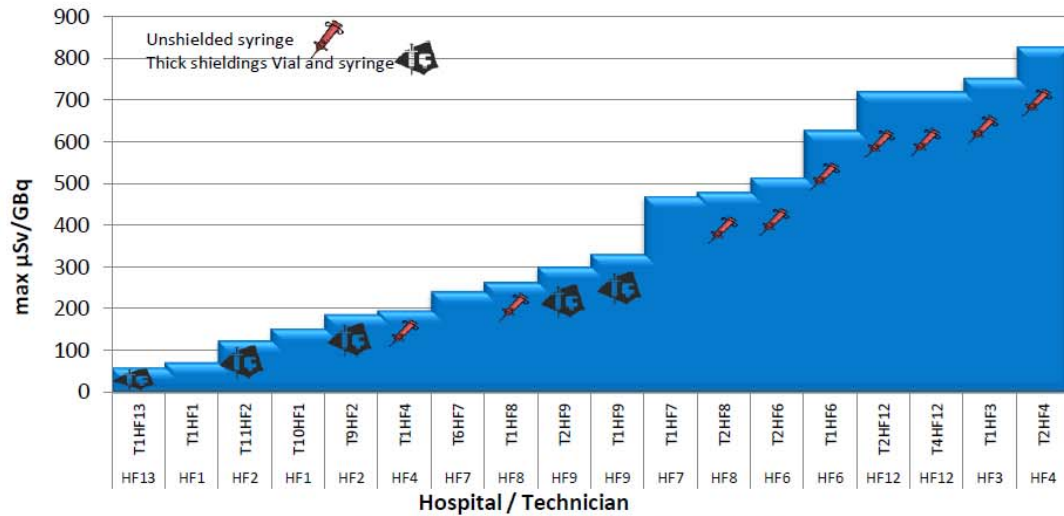
For both preparation and administration of Tc^{99m} , workers receive the highest exposure on the index tip of the non dominant hand (around 55% of the workers). The thumb is the second problematic position : for 20% of the workers the largest doses were found on the thumb of the non dominant hand for the preparation of Tc^{99m} and from 11% to 22% depending on the hand for its administration.

For preparation of F^{18} , the index tip on the dominant hand is more frequently the location where the highest doses were measured for 39% of the workers.

For administration of F^{18} , the index tip and the thumb are the positions where the maximum doses were measured. Nevertheless, it is not clear which hand receives most often the highest exposure, it seems that it depends on the worker and on the way he administrates the radioactive solution to the patient.

Secondly, the results normalized per manipulated activity can be used to have an overview of the maximum doses one can expect for the different types of procedure.

The two following charts show the maximum doses measured per worker respectively for the preparation and the administration of Tc^{99m} .



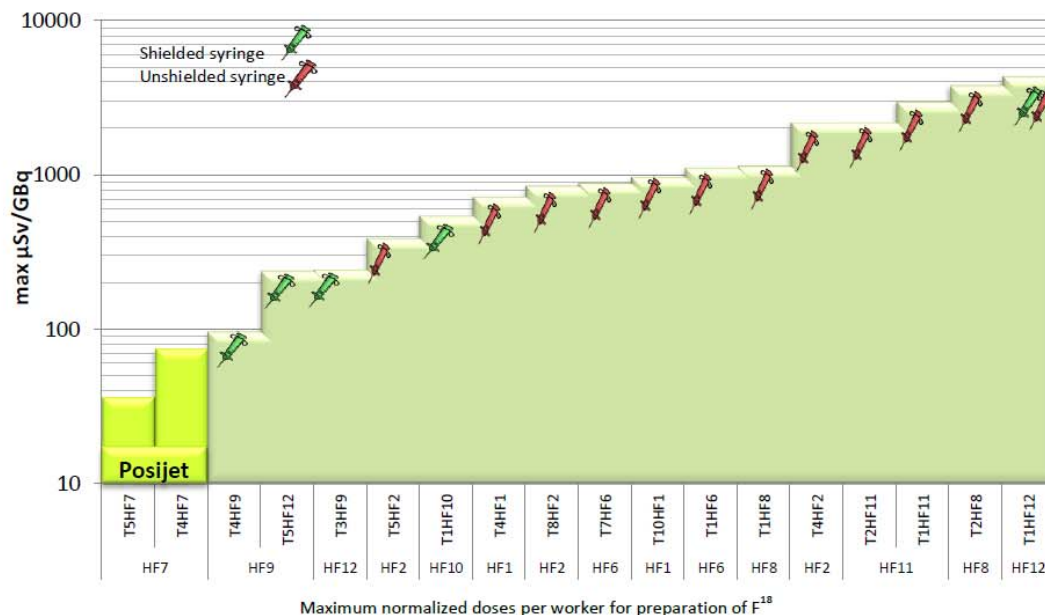
Maximum normalized doses per worker for preparation of Tc^{99m}



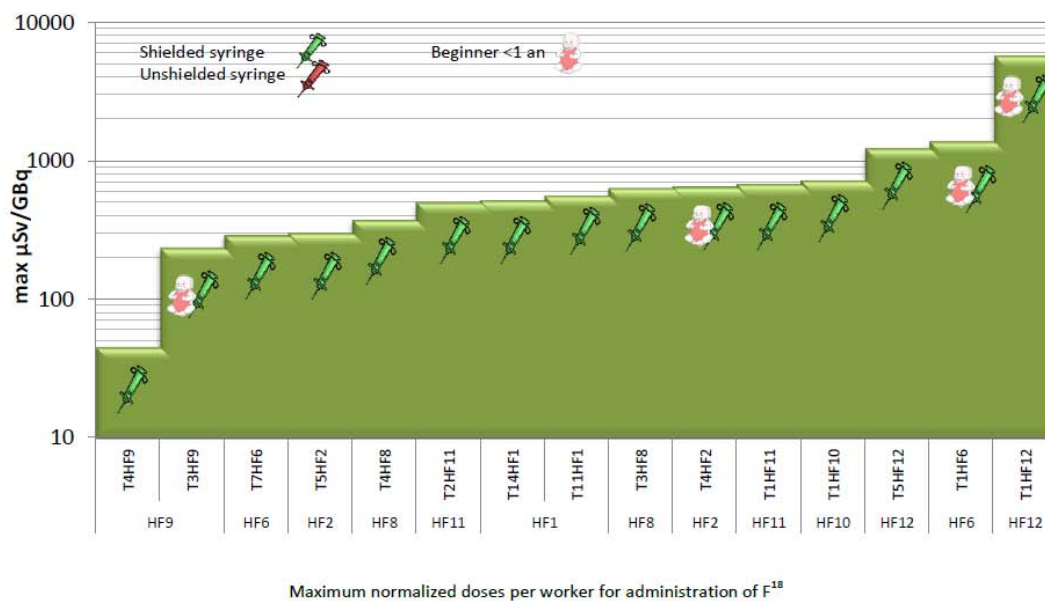
Maximum normalized doses per worker for administration of Tc^{99m}

On the left part of the charts are situated the workers with good working practice. The workers using unshielded syringes are clearly situated on the right side for both the preparation and the administration of Tc^{99m}.

The two following charts give the maximum doses measured per worker respectively for the preparation and the administration of F¹⁸.



For the preparation of F^{18} , workers using thick shielding for syringes receive unmistakably lower doses. The use of a shielded syringe is clearly considered as a main factor in reducing the doses to the hands.



For the administration of F^{18} , all workers that participated to the measurements used a shielded syringe. Workers with less than one year experience were considered as beginner. In this subgroup, two persons -T1HF12 and T1HF6- received higher doses while injecting the F^{18} to the patients than the rest of the workers despite using adequate shielded syringe. In some cases, it seems that the experience of the worker can be considered as a factor influencing the extremity doses but in practice it is difficult to establish its statistical significance. This was demonstrated within the detailed analysis of ORAMED.

The results of the measurements campaign highlight large variations among procedures and workers.

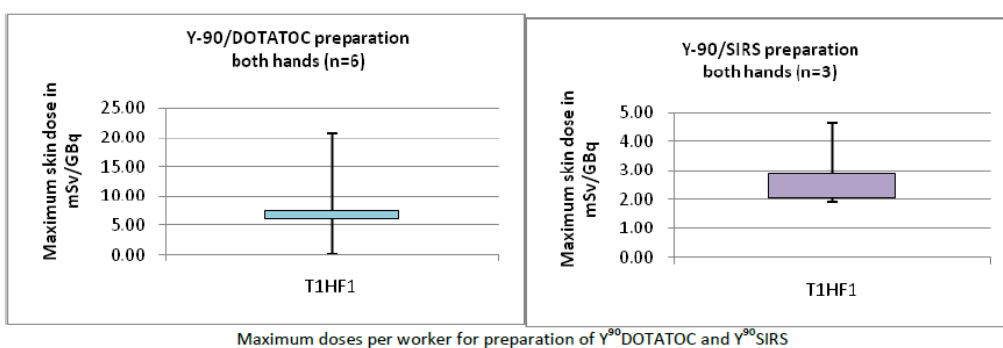
Although the doses normalized by the manipulated activity might be different in absolute value due to the different workload, F-18 procedures are likely to give more exposure than Tc^{99m} when the doses are normalised by the relevant activity. Also, the preparation steps induce more radiation for the skin of the worker than the administration.

To some extent, the spread of the doses, even within the same procedure, is the expected consequence of the nature of the problem (betas or positrons emitters, orientation of the syringe, distance to the radioactive solution, time of manipulation etc....).

However, the very wide range of maximum doses observed (from some tenths of $\mu Sv/GBq$ up to one thousand for Tc^{99m} , from some tenths of $\mu Sv/GBq$ up to more than five thousand for F^{18} and from few mSv/GBq to more than hundreds mSv/GBq for Y^{90}) is an indication that good and bad practices were performed and thus, that workers with larger doses could actually optimize their working procedures or habits in order to decrease the dose.

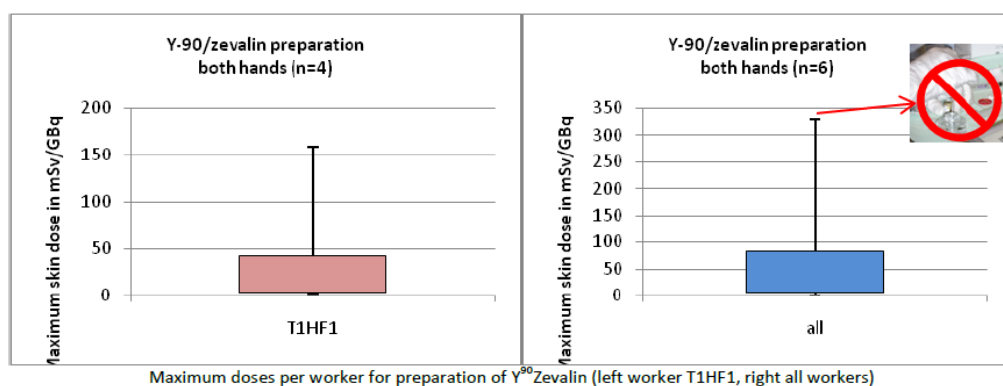
Three factors were associated to those workers with higher doses, contamination (in that case the measurements were not considered), working without shielding and direct contact with the source container.

The following charts give the maximum skin dose measured with the associated range (median, mean, minimum and maximum) respectively for the preparation of Y^{90} DOTATOC, Y^{90} SIRS and Y^{90} Zevalin for the same worker.



The labeling of Y^{90} Dotatoc can also induce high doses up to 20 mSv/GBq .

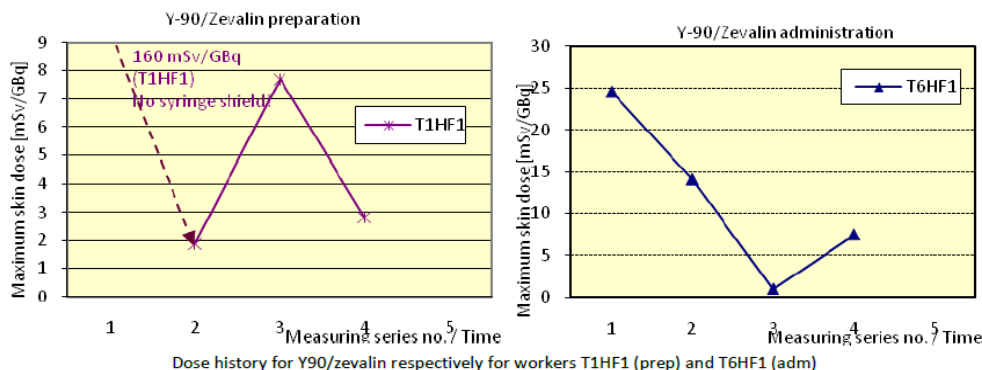
During the labeling of Y^{90} Zevalin (left hand side chart below) severe exposure was measured during the preparation of Y^{90} Zevalin where dose up to 160 mSv/GBq was measured for worker T1HF1 (left chart below) and even up to 300 mSv/GBq due to a bad handling of the reaction vial for another worker (right hand side chart below, in the associated picture : one can see the hand in direct contact with the reaction vial).



It should be stressed that optimisation of the exposition is possible. Doses as low as a few mSv/GBq can be reached for the same therapy. As the therapies are very low in frequency, the worker is not familiarized with betas emitters of high energy and should receive first adequate training. Moreover proper shieldings should also be used in the correct way.

For instance, the reaction vial should remain inside its shield and the syringes should be shielded during all steps of the labeling.

Due to changed awareness regarding beta radiation exposure in hospital HF1, some optimisation was done in order to reduce the exposure of the workers.
The charts below give the dose histories for 2 workers after the 1st, 2nd, 3rd and 4th therapy.



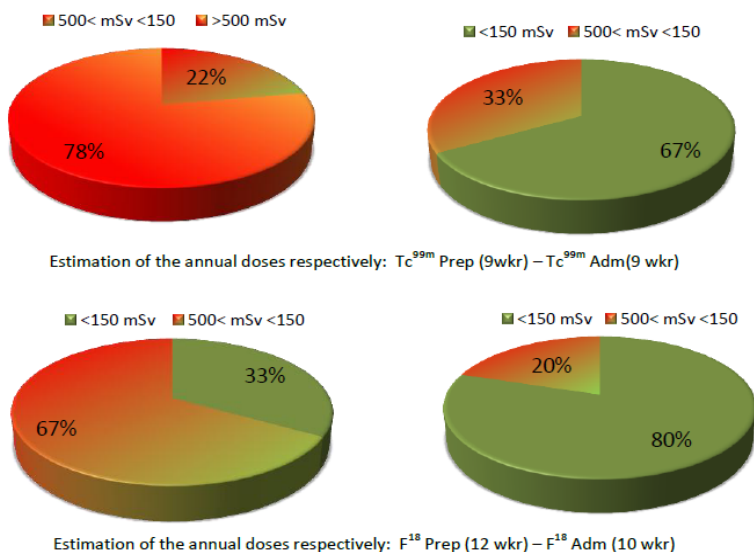
Several handlings were corrected and proper shields (e.g. made of 1 cm thick lead glass at least) but also tweezers were used. The maximum doses measured drop from 160 mSv/GBq and 25 mSv/GBq to a few mSv/GBq for respectively the preparation and administration of Y⁹⁰Zevalin for the same workers.

The annual dose limit for deterministic effects to the skin is set to 500 mSv averaged over 1cm² area of skin regardless of the area exposed. When 3/10th of the limit is reached, it is legally required that doses are routinely monitored. The annual manipulated activity was assessed by each center for their relevant workers depending on the annual activity prepared and administrated and on their working days.

The estimation of the annual dose for a worker performing only one type of procedure was obtained by multiplying the maximum, among all positions in the hand, of his mean normalized doses from all his measurement series by his annual manipulated activity.

The annual dose were thus estimated for 29 different operators for the procedures for which real measurements were available (Appendix E).

Even considering this criteria, it is found that the extrapolated doses are in the range between the 3/10th of the annual limit and the annual limit itself, indicating once again that the monitoring of the extremity doses is clearly a requirement in nuclear medicine. In the figures below, a frequency distribution is given of how many times a certain dose is exceeded for each procedure.



The preparation of Tc^{99m} is likely to give the largest contribution to the annual dose given its frequency and the activities handled by the workers.

BIJLAGE 3: INFORMATIE FICHE VOOR HET PERSONEEL VAN DE AFDELING NUCLEAIRE GENEESKUNDE

Doelgroep	Alle personen die werken binnen de gecontroleerde zone van de dienst nucleaire geneeskunde inclusief in het hotlab
Onderwerp	Samenvattende informatie voor het veilig omgaan met radioactieve stoffen en patiënten ingespoten met radioactieve stoffen
Frequentie en duur van de blootstelling	Continu
Blootstellingswegen	<u>Externe blootstelling</u> : OVERAL, nabij radioactieve bronnen van alle aard: spuitjes, ingekapselde bronnen, radioactieve pakjes en afval, ingespoten patiënten, RX-toestellen; <u>Besmetting</u> : bij morsen tijdens de voorbereiding en het inspuiten; door lichaamsvochten van de ingespoten patiënten; door manipuleren van afval; toilet
Hoe zich beschermen?	Beperk de tijd bij bronnen en radioactieve patiënten; Hou voldoende afstand wanneer mogelijk. Gebruik spuitafschermingen tijdens het inspuiten, gebruik afschermingen tijdens het verplaatsen van spuitjes (ook lege!), gebruik afgeschermd vuilnisbakjes; Zorg voor een goede hygiëne (handschoenen dragen en regelmatig wisselen, handen wassen handen en werkoppervlakken nameten, niet eten en drinken)
Beschermingsmiddelen	Afzonderlijke werkkledij, handschoenen, afschermingen, contaminatiemonitor (goedgekeurd door de dienst Fysische Controle).
Afval	Hou alle afval in een apart circuit. (ook de 'koude' vuilnisbakken)
Zwangerschap en borstvoeding	Verboden toegang tot de gecontroleerde zone!
Persoonsdosimetrie	Verplichte. maandelijkse monitoring van de totale lichaamsdosis via dosimeter op borsthoogte. Ringdosimeters en elektronische dosimeters wanneer nodig en in samenspraak met de dienst Fysische Controle en de arbeidsgeneesheer.
Medische Controle	Ja, gericht medisch onderzoek (ioniserende straling)
Contact (Nucleaire Geneeskunde)	Dr X tel :
Contact (buiten Nucleaire Geneeskunde)	Dr Y, arbeidsgeneesheer, tel IDPB : Mr/Mevr, tel :
Bij radiologisch noodgeval	Interne Externe Dienst Fysische Controle, tel Preventiedienst, tel Wachtdienst, tel
Interne referentie	SOP xyz Validatie Goedkeuring
Externe referentie	HGR

BIJLAGE 4: INFORMATIEFICHE VOOR HET PERSONEEL DAT INSTAAT VOOR HET VERVOER VAN NUCLEAIRE GENEESKUNDE PATIËNTEN

Doelgroep	Alle personen die instaan voor het vervoer van nucleaire geneeskunde patiënten naar andere diensten.
Onderwerp	Samenvattende informatie over de bescherming en de eventuele risico's in de nabijheid van een patiënt die drager is van radioactieve stoffen.
Frequentie en duur van de blootstelling	Occasioneel
Blootstellingswegen	<u>Externe blootstelling</u> : Nabij ingespoten patiënten en eventueel afval. <u>Besmetting</u> : Door contact met lichaamsvochten van de ingespoten patiënten bij een incident (bloed, urine, braken...).
Hoe zich beschermen?	Beperk de tijd bij ingespoten patiënten, hou afstand (>1m) van de patiënt wanneer mogelijk en neem hygiënische maatregelen bij een incident (urineverlies, braken...). Neem in dit geval steeds contact met de dienst nucleaire geneeskunde.
Beschermingsmiddelen	Afzonderlijke werkkledij en bij een incident: handschoenen.
Afval	Hou al het afval dat ontstaat bij een eventueel incident (urineverlies, braken,...) in een aparte afvalzak en geef hem aan iemand van de dienst Nucleaire geneeskunde
Zwangerschap en borstvoeding	Vermijd het langdurig contact met de patiënt op korte afstand.
Persoonsdosimetrie	In functie van de werkdruk
Medische Controle	Gericht medisch onderzoek (ioniserende straling) alleen indien nodig geacht door de arbeidsgeneesheer.
Contact (Nucleaire Geneeskunde)	Dr X tel :
Contact (buiten Nucleaire Geneeskunde)	Dr Y, arbeidsgeneesheer, tel IDPB : Mr/Mevr, tel :
Bij radiologisch noodgeval	Interne Externe Dienst Fysische Controle, tel Preventiedienst, tel Wachtdienst, tel
Interne referentie	SOP xyz Validatie Goedkeuring
Externe referentie	HGR

BIJLAGE 5: INFORMATIEFICHE VOOR HET PERSONEEL VAN DE MEDICO-TECHNISCHE DIENSTEN BUITEN DE NUCLEAIRE GENEESKUNDE

Doelgroep	Personeel (arts, verpleegkundige, technoloog, ...) van de medico-technische diensten (radiologie, OK, ...)
Onderwerp	Samenvattende informatie over de bescherming en de eventuele risico's in de nabijheid van een patiënt die drager is van radioactieve stoffen.
Frequentie en duur van de blootstelling	Occasioneel
Blootstellingswegen	<u>Externe blootstelling</u> : Nabij ingespoten patiënten en eventueel afval. <u>Besmetting</u> : Door contact met lichaamsvochten van de ingespoten patiënten bij een incident (bloed, urine, braken...).
Hoe zich beschermen?	Beperk de tijd bij ingespoten patiënten, hou afstand (>1m) van de patiënt wanneer mogelijk en neem de normale hygiënische maatregelen.
Beschermingsmiddelen	Afzonderlijke werkkledij, handschoenen.
Afval	Hou alle afval in een apart circuit in een aparte afvalzak en geef hem aan iemand van de dienst Nucleaire Geneeskunde (bv. Bij invasieve onderzoeken of bij incident)
Zwangerschap en borstvoeding	Vermijd het langdurig contact met de patiënt op korte afstand.
Persoonsdosimetrie	Niet nodig indien enkel blootgesteld via patiënten nucleaire geneeskunde (wel bij bijkomende blootstelling door X-stralentoestellen)
Medische Controle	Gericht medisch onderzoek (ioniserende straling) in functie van de werkpost en indien nodig geacht door de arbeidsgeneesheer.
Contact (Nucleaire Geneeskunde)	Dr X tel :
Contact (buiten Nucleaire Geneeskunde)	Dr Y, arbeidsgeneesheer, tel IDPB : Mr/Mevr, tel :
Bij radiologisch noodgeval	Interne Externe Dienst Fysische Controle, tel Preventiedienst, tel Wachtdienst, tel
Interne referentie	SOP xyz Validatie Goedkeuring
Externe referentie	HGR

BIJLAGE 6: INFORMATIEFICHE VOOR HET PERSONEEL VAN VERPLEEGEENHEDEN

Doelgroep	Alle personen die werkzaam zijn op verpleegeenheden en die in aanraking kunnen komen met patiënten die een nucleair geneeskundig onderzoek hebben ondergaan.
Onderwerp	Samenvattende informatie over de bescherming en de eventuele risico's in de nabijheid van een patiënt die drager is van radioactieve stoffen.
Frequentie en duur van de blootstelling	Occasioneel
Blootstellingswegen	<u>Externe blootstelling</u> : Nabij ingespoten patiënten en eventueel afval. <u>Besmetting</u> : Door contact met lichaamsvochten van de ingespoten patiënten bij een incident (bloed, urine, braken...).
Hoe zich beschermen?	Beperk de tijd bij ingespoten patiënten, hou afstand (>1m) van de patiënt wanneer mogelijk en neem de normale hygiënische maatregelen;
Beschermingsmiddelen	Afzonderlijke werkkledij, handschoenen.
Afval	Hou al het afval dat ontstaat (urineverlies, braken,...) in een aparte afvalzak en verwijder deze. Volgens de richtlijnen van de dienst nucleaire geneeskunde.
Zwangerschap en borstvoeding	Vermijd het langdurig contact met de patiënt op korte afstand.
Persoonsdosimetrie	Niet aangewezen
Medische Controle	Normale medische controle (niet specifiek ioniserende straling)
Contact (Nucleaire Geneeskunde)	Dr X tel :
Contact (buiten Nucleaire Geneeskunde)	Dr Y, arbeidsgeneesheer, tel IDPB : Mr/Mevr, tel :
Bij radiologisch noodgeval	Interne Externe Dienst Fysische Controle, tel Preventiedienst, tel Wachtdienst, tel
Interne referentie	SOP xyz Validatie Goedkeuring
Externe referentie	HGR

BIJLAGE 7: INFORMATIEFICHE VOOR EXTERNE WERKNEMERS

Doelgroep	Externe werknemers die in zones interveniëren waar er mogelijk van ioniserende stralingen gebruik gemaakt wordt.
Onderwerp	Samenvattende informatie voor de bescherming tegen de eventuele stralings- of besmettingsrisico's in geval van activiteiten in de gecontroleerde zone.
Frequentie	Occasioneel (herstellen van materiaal), periodiek (onderhoud van materiaal), min of meer van korte duur (oorspronkelijke staat herstellen, transformatie van lokalen, nieuwe uitrusting in werking stellen).
Eventuele risico's	Externe blootstelling: nabijheid van radioactieve bronnen, injectiespuiten, ingekapselde bronnen, radioactieve colli en afval, RX-toestellen; Interne blootstelling: na besmetting door contact met radioactieve stoffen
Beschermingsmaatregelen	Bescherming door schermen als de stroom van de RX-toestellen niet kon worden afgesloten en als de interventie het gebruik van RX vereist. Zone buiten gebruik stellen als het om grote onderhoudswerken gaat of de toestellen waaraan een interventie nodig is buiten de zone plaatsen, hetzij ze van de radioactieve bronnen verwijderen, hetzij de toestellen die een interventie vereisen op voorhand ontsmetten. Sanitair: toiletten en wastafels kunnen besmet zijn. Informeer bij het personeel van de nucleaire geneeskunde vooraleer de werkzaamheden aan te vatten.
Beschermingsmiddelen	Werkkledij, handschoenen, schermen
Afval	Al het gebruikte materiaal wordt gecontroleerd vooraleer het van de dienst nucleaire geneeskunde verwijderd wordt.
Zwangerschap en borstvoeding	Als de aanwezigheid van ioniserende stralingen niet volledig kan uitgesloten worden: verbod
Persoonsdosimetrie	Afhankelijk van de werkdruk en situatie (dus occasioneel werkers niet / onderhoud toestellen: wel)
Medische Controle	Normaal (1/jaar)
Contact (Nucleaire Geneeskunde)	Dr. X tel.:
Contact (buiten Nucleaire Geneeskunde)	Dr. Y, arbeidsgeneesheer, tel. IDPB: Dhr./Mevr. Z, tel:
Bij een radiologisch noodgeval	Dienst Fysische Controle, tel.: Preventiedienst, tel.:
Interne referentie	SOP xyz Validatie/Goedkeuring
Externe referentie	HGR

BIJLAGE 8: INFORMATIEFICHE VOOR HET ONDERHOUDSPERSONEEL

Doelgroep	Onderhoudspersoneel
Onderwerp	Bescherming tijdens het onderhoud van de gecontroleerde zones
Frequentie	Dagelijks of wekelijks
Eventuele risico's	Externe blootstelling: nabijheid van radioactieve bronnen, injectiespuiten, ingekapselde bronnen, radioactieve colli en afval, RX-toestellen; Besmetting: na besmetting door contact met radioactieve stoffen
Beschermingsmaatregelen	Plan uw werk op voorhand. Volg altijd de onderhoudsprocedure. Plaats het afval onmiddellijk in het afvallokaal. Verlaat het afvallokaal zo snel mogelijk. Gebruik onderhoudsmateriaal exclusief voor de nucleaire geneeskunde. Verplicht dragen van handschoenen in alle omstandigheden.
Beschermingsmiddelen	Werkkledij, handschoenen, exclusief onderhoudsmateriaal
Afval	Al het gebruikte materiaal wordt gecontroleerd vooraleer het van de dienst nucleaire geneeskunde verwijderd wordt.
Zwangerschap en borstvoeding	Nucleaire geneeskunde: verboden toegang tot de lokalen
Persoonsdosimetrie	Verplicht
Medische Controle	Medische controle van beroepshalve blootgestelde werknemers aan ioniserende stralingen
Contact (Nucleaire Geneeskunde)	Dr. X tel.:
Contact (buiten Nucleaire Geneeskunde)	Dr. Y, arbeidsgeneesheer, tel. IDPB: Dhr./Mevr. Z, tel:
Bij een radiologisch noodgeval	Dienst Fysische Controle, tel.: Preventiedienst, tel.:
Interne referentie	SOP xyz Validatie/Goedkeuring
Externe referentie	HGR

BIJLAGE 9: MEDISCHE INSTRUCTIES VOOR VOORSCHRIJVENDE ARTSEN

- 1) **Vrouwen van geslachtsrijpe leeftijd:** een zwangerschap moet redelijkerwijze worden uitgesloten wanneer het onderzoek wordt voorgeschreven (of op het moment van de uitvoering ervan, als het voorschrift een onderzoek betreft dat binnen een bepaalde termijn moet worden uitgevoerd, bv. oncologische follow-up). Voor patiënten die zwanger zijn of borstvoeding geven, zijn de nucleair geneeskundige onderzoeken formeel niet gecontra-indiceerd, maar de dienst of de behandelende geneesheer moet op voorhand verwittigd worden. Meer informatie over dit onderwerp is beschikbaar in een vorig advies van de HGR (nr. 8099) [12].
- 2) **Nuchter:** voor de meeste nucleair geneeskundige onderzoeken moeten de patiënten niet nuchter zijn. In het algemeen is er geen bezwaar indien de patiënt omwille van een andere reden nuchter is (bv. bloedafname of een ander onderzoek zoals een CT-scan).

Onderzoeken waarvoor men nuchter moet zijn (gewoonlijk 6 u.):

- ¹⁸F-FDG PET-scan
- Onderzoeken van het spijsverteringskanaal, behoudens uitzonderingen
- Onderzoek onder verdoving (kinderen)

Nuchter zijn betekent niet uitgedroogd zijn!: een normale hydratatie wordt aanbevolen (water of eventueel zwarte koffie); dit vooral bij kleine kinderen, waaronder zuigelingen en hoofdzakelijk bij nieronderzoeken. De inname van geneesmiddelen per os, met water vormt in het algemeen geen contra-indicatie.

Onderzoeken waarbij nuchter zijn een contra-indicatie is:

- Onderzoek van de galfunctie bij een ontbrekende galblaas (IDA-derivaten, in geval van atresie of na cholecystectomie)
- Myocardperfusiescintigrafie: er wordt zelfs in sommige centra gevraagd om een chocoladereep (<25g) te eten na de injectie om het leegmaken van de galblaas te bevorderen

3) Specifieke instructies

- Geneesmiddelen die de jodiumopname (123 of 131) doen afnemen - noodzakelijke innamestop

Synthetische thyreostatica (propylthiouracil, methimazol, carbimazol)	3 dagen
Multivitaminen met jodium (bv. Omnibionta ...)	7-10 dagen
Natuurlijke of synthetische schildklierhormonen: triiodothyronine	10-14 dagen
thyroxine	3-4 weken
Debe of Leppin Kelp, agar-agar en carrageen: extracten van roodwieren of Lugol-oplossing, thee van Dr. Ernst nr.10	2-3 weken
Kaliumjodide 65 of 130 mg	2-3 weken
Lokaal jodiumhoudend ontsmettingsmiddel (Isobetadine ...)	2-3 weken
Hydrofiele jodiumhoudende contrastmiddelen	6-8 weken
Lipofiele jodiumhoudende contrastmiddelen	1-6 maanden
Amiodaron	3-6 maanden

De blootstelling aan deze geneesmiddelen of stoffen is geen absolute contra-indicatie. Neem, indien nodig, contact op met de dienst.

UITZONDERINGEN: Jod Basedow, amiodaron, pasgeborenen, toxische adenomen, belang van de doseerbare TSH

Bij een patiënt met hyperthyroïdie bevestigt een witte scintigrafie soms de overbelasting aan jodium.

- Geneesmiddelen die interfereren met ^{99m}Tc difosfonaten bij een radioisotopische botscan: de "koude" bisfosfonaten die voor therapeutisch doel gebruikt worden, verminderen de fixatie van de tracer: termijn van stopzetting voorzien die afhangt van de halfwaardetijd van het gebruikte bisfosfonaat.
- Geneesmiddelen die interfereren met ^{99m}Tc MIBI of tetrofosmine voor de myocardische tomoscintigrafie, in het bijzonder na inspanning of farmacologische proef en in mindere mate in basiscondities (rust)

Bètablokkers: atenolol, bisoprolol, propanolol ...	Verhinderen de gewenste tachycardie
Calciumantagonisten: nifedipine, diltiazem, felodipine...	(relatief)
Nitraatderivaten	(relatief)
Antihypertensiva of geneesmiddelen voor hartfalen	(relatief)
Cafeïne (koffie), theofylline en derivaten	Contra-indicatie voor een test met adenosine of dipyridamole

- Nierscintigrafie na captopril-toediening uitgevoerd met ^{99m}Tc MAG_3 of $-\text{DTPA}$: om de test op een gestandaardiseerde manier uit te voeren, moeten ACE-inhibitoren, antagonisten van angiotensine II (4 dagen) en diuretica (3 dagen) stopgezet worden voor de test. In geval van twijfel wordt er bij voorkeur met de dienst contact opgenomen.
- Morfologische nierscintigrafie met ^{99m}Tc DMSA: geen wisselwerkingen gekend (buiten tubulaire toxiciteit, bv. Cisplatine)
- Geneesmiddelen die de opname van ^{123}I MIBG of ^{131}I -MIBG beïnvloeden

Geneesmiddelen	Mechanisme	Stopzetten voor injectie met MIBG
Opioïden: cocaïne, tramadol	verhindert de opname	7 - 14 dagen
Tricyclische antidepressiva: amitriptyline, imipramine, amoxapine, doxepine, melitracen	verhindert de opname	7 - 21 dagen
Sympathicomimetica: fenylpropanolamine, pseudoefedrine, fenylefrine, amfetamine, dopamine, salmetrol, salbutamol, terbutaline, fenoterol, xylometazoline	Depletie van neurosecretore korrels	7 - 14 dagen
Antihypertensiva en cardiovasculaire agentia:		21 dagen

Labetalol, metoprolol, amiodarone reserpine, bretylium, guanethidine	verhindert de opname, depletie van neurosecretoire korrels	
amlodipine, felodipine, nifedipine	Depletie, verhindert vervoer	14 dagen
	Toename van opname en retentie	14 dagen
Angiotensineconversie-enzym-inhibitoren: captopril, enalapril....	Toename van opname en retentie	14 dagen
Antipsychotica: Fenothiazinen (chlorpromazine, promethazine ...) Thioxanthenen (maprotiline, trazolon), Butyrofenonen (droperidol, haloperidol)	verhindert de opname	21 - 28 dagen

Bij de indicatie van in het bijzonder instabiele feochromocytoom, is een alfablokker of propranolol op voorhand noodzakelijk en moet dit in acht worden genomen na overleg met een geschikte specialist.

- Geneesmiddelen die de verspreiding van ^{99m}Tc ECD of HMPAO beïnvloeden: geen wisselwerkingen gekend
- Geneesmiddelen die de verspreiding van ¹²³I-ioflupane (DATSCAN°) beïnvloeden

Opioïde analgetica: fentanyl pethidine...	4 dagen (patches), 1 dag (injectie) 5 dagen
Antidepressiva: sertraline, clomipramine, imipramine fluoxetine	6 dagen 8 dagen 5 dagen 1 maand
Psychostimulantia: amfetamine*, methylfenidaat*, modafinil* Cocaïne*	1-3 dagen 10 uur
Neuroleptica: haloperidol ...	8 dagen
Tabakstop: bupropion*	8 dagen

* : stopzetting noodzakelijk anders is het onderzoek niet interpreteerbaar

- ¹⁸F-FDG

Voor het onderzoek moet men nuchter zijn. In geval van een insulinebehoefte diabetespatiënt, is het aangewezen het onderzoek tussen 11.00 en 13.00 u uit te voeren, nadat de patiënt zijn insuline-injectie 's morgens vroeg heeft gekregen en een normaal ontbijt heeft genomen. Het toedienen van glucose en insuline beïnvloedt de accumulatie van ¹⁸F-FDG in de cellen. Een hoge glycemie, alsook een lage insulinemie verminderen de accumulatie van ¹⁸F-FDG in de organen en tumoren. Dit geldt vooral bij pancreas- en longtumoren, maar kan ook bij alle indicaties waargenomen worden.

Elke behandeling die de glycemie wijzigt kan de gevoeligheid van het onderzoek beïnvloeden (bv: corticosteroïden, valproaat, carbamazepine, fenytoïne, fenobarbital en catecholaminen). De inname van deze geneesmiddelen mag niet onderbroken worden, maar deze informatie moet

worden doorgegeven voor een correcte interpretatie. Het toedienen van stoffen die de hematopoïese stimuleren (*x-CSF*) doet de fixatie van ^{18}F -FDG gedurende meerdere dagen toenemen in het beenmerg en in de milt. Er moet hiermee rekening worden gehouden voor de interpretatie van de PET-beelden. Een termijn van ten minste 5 dagen tussen de behandeling met *x-CSF* en het PET-onderzoek kan deze interferentie beperken. Voor onderzoeken met ^{18}F -FDG om de oorzaak te achterhalen van een koorts van onbekende oorsprong of een onverklaard ontstekingsyndroom, moet het vermeden worden om op voorhand corticosteroiden toe te dienen, in het bijzonder bij een vermoeden van een systeemziekte of vasculitis. De inname van antibiotica vormt daarentegen geen contra-indicatie, wanneer dit door de klinische situatie gerechtvaardigd wordt.

6 AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK

Dit advies geeft op dit ogenblik geen aanleiding tot onderzoek. Toch kunnen de klinische audits in de nucleaire geneeskunde (volgens het IAEA in België, B-QUANUM genoemd) tot een methodologisch onderzoek leiden, indien er hiervoor middelen beschikbaar zijn, met als doel vast te stellen of een dergelijk initiatief op het vlak van de kwaliteitszorg wordt nageleefd en succesvol is geworden.

7 SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP

Al de deskundigen hebben **op persoonlijke titel** aan de werkgroep deelgenomen. De namen van de deskundigen van de HGR worden met een asterisk * aangeduid.

De volgende deskundigen hebben hun medewerking verleend bij het opstellen van het advies:

BACHER Klaus	Erkend stralingsfysicus	UZ Gent
CAUSSIN Jacques	Erkend deskundige, fysische controle	UCL
COVENS Peter*	Erkend deskundige, fysische controle	VUB
DE GEEST Ellen	Erkend deskundige, fysische controle en erkend stralingsfysicus	Controlatom, vzw.
DE SPIEGELEER Michel	Erkend deskundige, fysische controle	UCL
JAMAR François*	Arts Nucleaire geneeskunde	UCL
MATHIEU Isabelle	Arts Nucleaire geneeskunde	Clin. St-Elisabeth Namur
MERLO Pierre	Erkend stralingsfysicus	Hôpital de Jolimont
MONSIEURS Myriam	Erkend deskundige, fysische controle	RU Gent
MORTIER Rudi	Arbeidsgeneesheer, Med. Directeur	IDEWE
PAULUS Patrick*	Arts Nucleaire geneeskunde	CHR Citadelle, Liège
VANDECAPELLE Marleen	Expert, medische toepassingen	AFCN/FANC
WAMBERSIE André	Stralingsbescherming, Radiobiologie	UCL

Het voorzitterschap werd verzekerd door François JAMAR en het wetenschappelijke secretariaat door Veerle MERTENS.

Over de Hoge Gezondheidsraad (HGR)

De Hoge Gezondheidsraad is een federale dienst die deel uitmaakt van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. Hij werd opgericht in 1849 en geeft wetenschappelijke adviezen i.v.m. de volksgezondheid aan de ministers van volksgezondheid en van leefmilieu, aan hun administraties en aan enkele agentschappen. Hij doet dit op vraag of op eigen initiatief. De HGR neemt geen beleidsbeslissingen, noch voert hij ze uit, maar hij probeert het beleid inzake volksgezondheid de weg te wijzen op basis van de recentste wetenschappelijk kennis.

Naast een intern secretariaat van een 25-tal medewerkers, doet de Raad beroep op een uitgebreid netwerk van meer dan 500 experts (universiteitsprofessoren, medewerkers van wetenschappelijke instellingen), waarvan er 200 tot expert van de Raad zijn benoemd; de experts komen in multidisciplinaire werkgroepen samen om de adviezen uit te werken.

Als officieel orgaan vindt de Hoge Gezondheidsraad het van fundamenteel belang de neutraliteit en onpartijdigheid te garanderen van de wetenschappelijke adviezen die hij aflevert. Daartoe heeft hij zich voorzien van een structuur, regels en procedures die toelaten doeltreffend tegemoet te komen aan deze behoeften bij iedere stap van het tot stand komen van de adviezen. De sleutelmomenten hierin zijn de voorafgaande analyse van de aanvraag, de aanduiding van de deskundigen voor de werkgroepen, het instellen van een systeem van beheer van mogelijke belangenconflicten (gebaseerd op belangenverklaringen, onderzoek van mogelijke belangenconflicten, en een referentiec comité) en de uiteindelijke validatie van de adviezen door het College (eindbeslissingorgaan). Dit coherent geheel moet toelaten adviezen af te leveren die gesteund zijn op de hoogst mogelijke beschikbare wetenschappelijke expertise binnen de grootst mogelijke onpartijdigheid.

De adviezen van de werkgroepen worden voorgelegd aan het College. Na validatie worden ze overgemaakt aan de aanvrager en aan de minister van volksgezondheid en worden de openbare adviezen gepubliceerd op de website (www.hgr-css.be), behalve wat betreft vertrouwelijke adviezen. Daarnaast wordt een aantal onder hen gecommuniceerd naar de pers en naar doelgroepen onder de beroepsbeoefenaars in de gezondheidssector.

De HGR is ook een actieve partner binnen het in opbouw zijnde EuSANH netwerk (*European Science Advisory Network for Health*), dat de bedoeling heeft adviezen uit te werken op Europees niveau.

Indien U op de hoogte wil blijven van de activiteiten en publicaties van de HGR kan U een mailtje sturen naar info.hgr-css@health.belgium.be.