

rivm

Rapport 300080005/2010

I.R. de Waard | P. Stoop

Doseringen en nuclidengebruik diagnostisch onderzoek

Inventarisatie gegevens 2008

RIVM Rapport 300080005/2010

Doseringen en nuclidengebruik bij nucleair diagnostisch onderzoek

Inventarisatie gegevens 2008

I.R. de Waard
P. Stoop

Contact:
Paul Stoop
LSO
p.stoop@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van IGZ, in het kader van project V/300080/09

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Doseringen en nuclidegebruik bij nucleair diagnostisch onderzoek

De doseringen van Nederlandse ziekenhuizen bij nucleair geneeskundig onderzoek zijn gemiddeld genomen in lijn met de aanbevelingen van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (NVNG). Bij onderzoek naar de hartfunctie ligt de dosering iets boven de aanbevolen waarden, maar voor PET is de dosering in de praktijk gemiddeld 40 procent lager dan aanbevolen. In Nederland wordt per verrichting gemiddeld minder radioactieve stof toegediend dan in Duitsland en de Verenigde Staten, en iets meer dan in het Verenigd Koninkrijk.

Dit blijkt uit de Enquête Beeldvormende Diagnostiek over 2008. Deze enquête wordt jaarlijks afgenomen en bevatte voor dat jaar extra vragen over de doseringen en gebruikte nucliden in de nucleaire geneeskunde. Deze gegevens geven in combinatie met het aantal onderzoeken een nauwkeuriger inzicht in de stralingsdosis voor patiënten door nucleaire geneeskunde. Voor 2008 wordt nu een dosis berekend van 0,095 millisievert per inwoner, wat 12 procent hoger is dan berekend met de tot nu toe beschikbare gegevens. De stralingsdosis door nucleaire geneeskunde draagt voor bijna 12 procent bij aan de totale dosis door medische diagnostiek.

Door leveringsproblemen met het nuclide technetium-99m meldt één ziekenhuis dat het in 2008 gedeeltelijk is overgestapt op thallium-201. Dit brengt een beduidend hogere stralingsdosis voor de patiënt met zich mee dan technetium-99m. De leveringsproblemen ontstonden door de tijdelijke sluiting van de reactor in Petten, een van de voornaamste leveranciers van technetium-99m in de wereld. In hoeverre dat in andere ziekenhuizen aan de orde is geweest, maakt de enquête niet duidelijk.

Trefwoorden:

nucleaire geneeskunde, dosering, effectieve dosis, Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde

Abstract

Dosages and use of different nuclides in diagnostic nuclear medicine imaging

The dosages used by Dutch hospitals in diagnostic nuclear medicine imaging procedures are generally in line with the recommendations of the Dutch Society of Nuclear Medicine (NVNG). The dosages used for cardiac function imaging are slightly above the recommended levels, while those used in positron emission tomography (PET) are, on average, 40% below those recommended. The amount of radioactive substance administered for a single examination is less in the Netherlands than in Germany and the USA and slightly higher than in the UK.

These are the main results of the Diagnostic Imaging Survey for 2008. This survey is conducted annually, and the 2008 edition is the first to be extended with questions on dosages and nuclides used in nuclear medicine. These data, together with the known frequencies of the various diagnostic imaging procedures, provide a more precise understanding of the radiation dose administered to patients undergoing a nuclear medicine examination. For 2008, the calculated dose is 0.095 millisievert per capita, which is 12% higher than that calculated using the data available from previous annual surveys. The radiation dose from nuclear medicine contributes nearly 12% of the total dose from all medical diagnostic imaging modalities.

In 2008, one hospital partly switched to using the nuclide thallium-201 due to delivery problems with technetium-99m. The substitution of thallium-201 for technetium-99m results in the patient being exposed to a significantly higher radiation dose. The supply problems resulted from the temporary closure of the reactor in Petten, one of the main suppliers of technetium-99m in the world. The extent to which other hospitals were affected by this closure is not clear from the survey.

Key words:

nuclear medicine, dosage, effective dose, Recommendations Nuclear Medicine

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	7
2 Methode	8
3 Resultaten nuclidegebruik en dosering	9
3.1 Algemeen	9
3.2 Skeletonderzoeken	9
3.2.1 Statisch skeletonderzoek	9
3.2.2 Meerfasen skeletonderzoek	10
3.2.3 SPECT skelet detail	10
3.3 Hartonderzoeken	11
3.3.1 SPECT myocard in rust en bij inspanning	11
3.3.2 SPECT van de hartkamers ECG-getriggerd met EF-berekening in rust en bij inspanning	12
3.3.3 Myocardvitaliteit met redistributie	13
3.3.4 Ejectiefractie linkerventrikel	13
3.4 Schildklieronderzoek	14
3.5 PET-onderzoek	14
3.6 Opmerkingen van respondenten	15
4 Vergelijking buitenlandse waarden	16
5 Conclusie	18
Lijst van afkortingen	19
Literatuur	20
Bijlage	21

Samenvatting

In opdracht van de Inspectie voor de Gezondheidszorg is onderzoek verricht naar de doses die in de praktijk worden toegediend bij nucleaire geneeskunde en hoe deze zich verhouden tot de advieswaarden van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (NVNG) en de waarden in het buitenland.

Voor het inventariseren van de collectieve bevolkingsdosis door medische beeldvorming, wordt jaarlijks een enquête gehouden onder alle medische instellingen. In de enquête over het jaar 2008 is naast de standaard enquête naar de frequenties van diagnostische verrichtingen ook gevraagd naar het nuclidegebruik en de dosering bij nucleaire verrichtingen. Er is gevraagd naar het gebruikte preparaat bij een aantal specifieke verrichtingen en de normale dosering voor een gemiddelde volwassen patiënt.

De resultaten van de enquête zijn vergeleken met de aanbevolen waarden in de Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde van de NVNG. Daarnaast zijn de resultaten gebruikt voor het bepalen van een gemiddelde dosis per verrichting. Voor de nucleaire verrichtingen die de belangrijkste bijdragen leveren aan de bevolkingsdosis zijn de resultaten in dit briefrapport opgenomen.

Een vergelijking tussen de gemiddeld toegediende activiteit en de NVNG-aanbevelingen laat zien dat de aanbevelingen in de meeste gevallen redelijk worden gevolgd. Bij de hartonderzoeken is de dosering gemiddeld iets hoger dan de aanbevolen hoeveelheid radiofarmacon. De vermelde doseringen uit de NVNG-aanbevelingen moeten worden beschouwd als aanbevolen hoeveelheden en dienen te worden aangepast aan individuele factoren. Voor PET-whole-bodyonderzoek valt op dat de gemiddeld toegediende dosering ongeveer 60% van de aanbevolen dosering is. De gewogen gemiddelde effectieve dosis voor dit onderzoek is dan ook lager dan eerder werd aangenomen op basis van de aanbevolen dosering.

Een vergelijking met het buitenland laat zien dat de Nederlandse doseringen zonder uitzondering lager zijn dan de Duitse. In de Verenigde Staten wordt over het algemeen hoger gedoseerd dan in Duitsland. De doseringen in Nederland zijn gemiddeld hoger dan vergelijkbare waarden in het Verenigd Koninkrijk (waarden uit 2003/2004).

Door problemen met de productie van technetium-99m is de levering aan ziekenhuizen de afgelopen periode niet optimaal geweest. Een respondent geeft bij de opmerkingen aan dat men door het gebrek aan technetium-99m tijdelijk weer is overgegaan op het gebruik van thallium-201. Het gebruik van thallium-201 levert in vergelijking met technetium-99m een hogere effectieve dosis voor hetzelfde onderzoek. De ontwikkelingen op dit gebied kunnen er voor zorgen dat de gemiddelde effectieve dosis per onderzoek (tijdelijk) toeneemt.

1 Inleiding

Medische toepassingen van ioniserende straling zijn verantwoordelijk voor het grootste deel van de stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking door kunstmatige bronnen. Om deze reden doet het RIVM inventariserend onderzoek naar de verschillende medische verrichtingen die bijdragen aan de stralingsdosis van patiënten.

Dit rapport gaat in op de patiëntendoses bij nucleaire geneeskunde naar aanleiding van een specifieke kennisvraag hierover van de Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ). Deze kennisvraag luidde: ‘Wat zijn de doses die in de praktijk worden toegediend bij nucleaire geneeskunde en hoe verhouden die zich tot die advieswaarden van de NVNG en de waarden in het buitenland?’

In het recente rapport ‘Radioactief jodium in huishoudelijk afval – een verkenning’ [1] zijn gegevens opgenomen over therapeutische doseringen jodium-131. Ook in een internationale werkgroep van de Heads of European Radiation Control Agencies (HERCA) zijn gegevens over de doseringen van de belangrijkste therapeutische nucliden (voornamelijk jodiumisotopen) in de deelnemende landen verzameld en besproken. Bij therapeutische toepassingen is de dosis voor de patiënt echter grotendeels het medicijn, terwijl het bij diagnostische toepassingen meer een nadelig neveneffect is, met als bijwerking een verhoogd risico op met name kanker. Het belang van dosisoptimalisatie is dus vooral bij diagnostische toepassingen evident. Om deze reden gaat dit rapport vooral in op de nucleair geneeskundige diagnostiek.

De belangrijkste bron van gegevens die gebruikt is voor dit rapport, is een enquête die gehouden is onder de Nederlandse ziekenhuizen. Deze enquête vond plaats in het kader van de gegevensverzameling zoals omschreven in artikel 12 van de Europese richtlijn over medische stralingstoepassingen, 97/43/Euratom en artikel 74 van het Besluit stralingsbescherming (Bs), waarin is vastgelegd dat gegevens over patiëntdoses door de ondernemers aangeleverd moeten worden aan de minister. Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van het RIVM analyseert deze gegevens en presenteert ze via het Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen (www.rivm.nl/IMS). In 2009 is de jaarlijkse enquête waarin tot dan toe alleen gevraagd werd naar de *frequenties* van diagnostische verrichtingen, eenmalig uitgebreid met een serie vragen over het nuclidegebruik en de dosering bij alle nucleair geneeskundige verrichtingen in 2008. In dit rapport zijn alleen de onderzoeken opgenomen die de belangrijkste bijdrage leveren aan de totale effectieve dosis door nucleaire geneeskunde. Alle gevraagde resultaten zijn daarnaast gebruikt voor het vaststellen van nieuwe dosisschattingen van nucleair geneeskundige verrichtingen voor gebruik in het IMS.

2 Methode

Voor de gegevensverzameling over het nuclidegebruik en dosering bij nucleaire geneeskunde is gebruikgemaakt van een enquête. Voor het inventariseren van de collectieve bevolkingsdosis door medische beeldvorming wordt jaarlijks een enquête gehouden onder alle medische instellingen. Deze enquête is sinds 2006 opgenomen in het Jaardocument Maatschappelijke Verantwoording. In 2008 is naast de standaard enquête naar het aantal diagnostische verrichtingen ook gevraagd naar het nuclidegebruik en dosering per verrichting. Er is gevraagd naar het gebruikte nuclide bij een specifieke verrichting en de hierbij gebruikelijke dosering voor een gemiddelde volwassen patiënt. De vragen over de toediening hoefden alleen te worden ingevuld indien dit onderzoek in 2008 ook was uitgevoerd. Om die reden verschilt de respons per verrichting. In 2002 en in 2005 is al eerder een inventarisatie van het nuclidegebruik gedaan.

Naast het in kaart brengen van het nuclidegebruik en dosering in de praktijk is ook een vergelijking gemaakt tussen de gevonden waarden en de aanbevelingen van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (NVNG).

In ‘Aanbevelingen nucleaire geneeskunde 2007’ [1] van de commissie kwaliteitsbevordering van de NVNG staan aanbevelingen op het gebied van nucleair geneeskundig onderzoek. In de inleiding staat vermeld: ‘De inhoud van de aanbevelingen is een opsomming van handelingen, die nodig zijn om te komen tot een adequate uitvoering van nucleair geneeskundig onderzoek en therapie.’ In 1988 kreeg de eerste editie van dit boek [2] tijdens een ledenvergadering van de NVNG de status van aanbeveling. De aanbevelingen geven per onderzoek een aanbevolen preparaat en dosering.

In de ‘Aanbevelingen nucleaire geneeskunde 2007 [2]’ staat: ‘De bij een onderzoek vermelde uitvoering en instellingen moeten worden gezien als veronderstelde minimale eisen.’ en ‘Ook de vermelde dosis radioactiviteit is een aanbeveling, die wordt beïnvloed door de afweging tussen telstatistiek, beeldkwaliteit, status van de patiënt, gammacamera-type, stralingsbescherming en andere factoren.’

Er kan dus niet zonder meer gesteld worden dat een hogere dosering dan aanbevolen te hoog is. Ook een lagere dosering dan aanbevolen zal niet altijd beter zijn.

In dit rapport is een vergelijking gemaakt tussen de aanbevelingen en de resultaten over 2008. Dit is gedaan voor de verrichtingen die de belangrijkste bijdrage leveren aan de bevolkingsdosis.

De verkregen waarden zijn ook vergeleken met bekende waarden in het buitenland. De resultaten over 2008 zijn vergeleken met die in Duitsland, de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk.

3 Resultaten nuclidegebruik en dosering

3.1 Algemeen

In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de elf onderzoeken die het meest bijdragen aan de bevolkingsdosis door nucleair geneeskundige verrichtingen. Deze verrichtingen samen omvatten 74% van alle nucleaire verrichtingen en vertegenwoordigen iets meer dan 89% van de bevolkingsdosis ten gevolge van nucleair geneeskundig onderzoek (bepaald op basis van de dosisgegevens uit 2005).

Tabel 1 Nucleaire verrichtingen naar aantal en dosis

Verrichting	Percentuele bijdrage aan de dosis (2005)	Aantal verrichtingen 2008
Skelet		
Statisch skeletonderzoek	15,3%	67462
Meerfasen skeletonderzoek	6,7%	29592
SPECT skelet	2,1%	9289
Cardiovasculair		
SPECT myocard stresstest	13,9%	25404
SPECT myocard rust	9,0%	17581
SPECT hartkamers in rust met ECG	8,2%	29314
SPECT hartkamers stresstest met ECG	7,2%	25779
Ejectiefractie LV	3,6%	12896
SPECT myocard vitaliteit	1,8%	1147
PET		
PET whole-bodyonderzoek	18,2%	34011
Schildklier		
Schildklieronderzoek	3,3%	12120

Voor de bovenstaande verrichtingen zijn de resultaten van de enquête vergeleken met de NVNG-aanbevelingen [2].

3.2 Skeletonderzoeken

Het grootste aantal nucleair geneeskundige onderzoeken zijn de statische skeletonderzoeken met ruim 67 duizend in 2008. Het meerfasen skeletonderzoek werd in 2008 bijna 30 duizend keer uitgevoerd.

3.2.1 Statisch skeletonderzoek

Alle respondenten geven aan dit onderzoek te verrichten met een ^{99m}Tc -fosfonaatverbinding. Een ongeveer evenredig deel gebruikt ^{99m}Tc -MDP of ^{99m}Tc -HDP. Eén respondent geeft aan ^{99m}Tc -DPD te gebruiken. Dit fosfonaatpreparaat wordt niet vermeld in de NVNG-aanbevelingen [2].

Tabel 2 Overzicht statisch skeletonderzoek

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m} Tc-medronaat(MDP)	623,1	111,5	500	800	400-800	3,55	0,485
^{99m} Tc-oxidronaat(HDP)	589,7	69,4	481	740	400-800	3,36	0,466
^{99m} Tc-DPD	650,0	-	650	650	-	3,71	0,048

De resultaten in Tabel 2 laten zien dat de NVNG-aanbevelingen [2] bij dit onderzoek in het algemeen gevolgd worden. De gemiddelde toegediende activiteit ligt rond de 600 MBq. Het maximum wordt door geen van de respondenten overschreden.

Het statisch skeletonderzoek geeft een gewogen gemiddelde effectieve dosis van 3,5 mSv.

3.2.2 Meerfasen skeletonderzoek

De resultaten laten zien dat de verdeling tussen de preparaten vergelijkbaar is met die van het statisch skeletonderzoek. De gemiddelde toegediende activiteit is voor het meerfasen onderzoek iets hoger dan voor het statisch onderzoek.

Tabel 3 Overzicht meerfasen skeletonderzoek

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m} Tc-medronaat(MDP)	655,8	106,4	500	800	400-800	3,74	0,441
^{99m} Tc-oxidronaat(HDP)	591,3	67,8	481	740	400-800	3,37	0,524
^{99m} Tc-DPD	650,0	-	650	650	-	3,71	0,035

In Tabel 3 zijn de resultaten van het meerfasen skeletonderzoek weergegeven. De NVNG-aanbevelingen zijn voor dit onderzoek hetzelfde als bij het statisch skeletonderzoek. Ook bij het meerfasen onderzoek worden de NVNG-aanbevelingen in de praktijk dus aangehouden. Het meerfasen skeletonderzoek geeft een gewogen gemiddelde effectieve dosis van 3,5 mSv.

3.2.3 SPECT skelet detail

Van de respondenten geven twee instellingen aan dat zij dit onderzoek doen als aanvulling op een skeletonderzoek en daarom geen nieuwe activiteit toedienen. Van de overige 48 respondenten staan de resultaten in Tabel 4.

Tabel 4 Resultaten SPECT skelet detail

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m} Tc-medronaat(MDP)	640,0	97,4	500	800	400-800	3,65	0,599
^{99m} Tc-oxidronaat(HDP)	601,1	89,2	481	750	400-800	3,43	0,375
^{99m} Tc-DPD	650,0	-	650	650	-	3,71	0,026

In vergelijking met de andere skeletonderzoeken wordt bij het SPECT-onderzoek van het skelet vaker gekozen voor het preparaat ^{99m}Tc -medronaat(MDP).

Ook bij dit type skeletonderzoek worden de NVNG-aanbevelingen gevolgd.

Het SPECT-skeletonderzoek geeft een gewogen gemiddelde effectieve dosis van 3,6 mSv.

3.3 Hartonderzoeken

De nucleaire hartonderzoeken kunnen worden verdeeld in hartfunctie- en doorbloedingsonderzoeken.

3.3.1 SPECT myocard in rust en bij inspanning

Het onderzoek van de hartspeer wordt veelal uitgevoerd als een combinatie van een onderzoek in rust en een onderzoek waarbij de hartspeer wordt belast. Het totale onderzoek in rust en met inspanning kan op één dag plaatsvinden of worden gespreid over twee dagen.

Het grootste deel van de verrichtingen wordt volgens de respondenten uitgevoerd met één van de ^{99m}Tc -preparaten (zie Tabel 5). Iets meer dan 10% van het aantal verrichtingen wordt uitgevoerd met ^{201}Tl -chloride dat een bijna vijfmaal hogere effectieve dosis oplevert voor de patiënt. De aanbevolen hoeveelheid activiteit bij het gebruik van ^{201}Tl -chloride is 100 MBq; in de praktijk wordt gemiddeld 112 MBq toegediend.

Tabel 5 Overzicht SPECT myocard in rust

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m}Tc -sestamibi	632,8	154,9	444	1000	500/750	5,70	0,463
^{99m}Tc -tetrafosmine	576,0	94,9	500	740	500/750	4,38	0,405
^{201}Tl -chloride	111,7	10,4	100	120	100	24,57	0,131

Bij een zogenoemde myocard stresstest worden zowel een inspannings- als een rustonderzoek uitgevoerd. De totale hoeveelheid activiteit die wordt toegediend als beide onderdelen worden uitgevoerd, staat in Tabel 6 weergegeven.

Tabel 6 Resultaten SPECT myocard in rust en bij inspanning (myocard stresstest)

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m}Tc -sestamibi	1060,0	89,4	1000,0	1200,0	1000	9,54	0,350
^{99m}Tc -tetrafosmine	1107,5	187,5	888,0	1500,0	1000	8,42	0,570
^{201}Tl -chloride	173,3	110,2	100,0	300,0	150	38,13	0,080

In de NVNG-aanbevelingen[2] staat:

Preparaat: ^{99m}Tc -sestamibi of ^{99m}Tc -tetrafosmine

Dosering: tweedaagsprotocol: tweemaal 500 MBq
eendagsprotocol: 250 en 750 MBq

Preparaat: ^{201}Tl -chloride

Dosering: 100MBq, reinjectie 50 MBq

Bij een combinatie van een rust- en inspanningsonderzoek wordt gemiddeld in totaal 1060 MBq ^{99m}Tc -sestamibi toegediend, dit is 60 MBq (6%) meer dan de aanbevelingen.

Bij gebruik van ^{99m}Tc -tetrafosmine wordt gemiddeld 1107 MBq toegediend, iets meer dan 10% boven de aanbevolen dosering.

Bij het gebruik van ^{201}Tl -chloride kan met een dosering van 100 MBq bij inspanning en een reinjectie van 50 MBq een onderzoek worden uitgevoerd bij inspanning en in rust. De resultaten laten zien dat de gemiddelde toediening totaal 173 MBq is. Dit ligt boven de dosering volgens de NVNG-aanbevelingen [2]. Het onderzoek wordt echter in de meeste gevallen met een technetiumpreparaat uitgevoerd. Een van de respondenten geeft aan tweemaal 150 MBq thallium toe te dienen bij een rust en inspanningsonderzoek. Een myocardonderzoek uitsluitend uitgevoerd in rust geeft een gewogen gemiddelde effectieve dosis van 7,6 mSv. Bij een combinatie van rust-opnamen en opnamen bij inspanning is de gewogen gemiddelde effectieve dosis voor het totale onderzoek 11,2 mSv.

3.3.2 SPECT van de hartkamers ECG-getriggerd met Ejectiefractie(EF)-berekening in rust en bij inspanning

De NVNG-aanbevelingen[2] geven aan: indien er bij hartonderzoek ECG-triggering met een ^{99m}Tc -preparaat wordt uitgevoerd dan is minimaal 500 MBq nodig, afhankelijk van de gammacamera. Tabel 7 laat de resultaten van het SPECT-onderzoek van de hartkamers in rust met ECG-triggering zien.

Tabel 7 Resultaten SPECT van de hartkamers in rust ECG-getriggerd met EF-berekening

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m}Tc -sestamibi	566,1	112,4	463	750	500/750	5,10	0,444
^{99m}Tc -tetrafosmine	590,0	105,6	450	550	500/750	4,48	0,464
^{201}Tl -chloride	125,0	35,4	100	150	150	27,50	0,092

De gemiddelde doseringen bij dit onderzoek zijn alle lager dan de doseringen volgens de NVNG-aanbevelingen[2]. Het SPECT-onderzoek van de hartkamers ECG-getriggerd in rust geeft een gewogen gemiddelde effectieve dosis van 6,9 mSv.

Tabel 8 Resultaten SPECT van de hartkamers bij zowel rust als inspanning, ECG-getriggerd met EF-berekening (stresstest)

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m}Tc -sestamibi	937,6	268,0	463,0	1200,0	1000	8,44	0,456
^{99m}Tc -tetrafosmine	1200,8	199,6	1000,0	1500,0	1000	9,13	0,417
^{201}Tl -chloride	150,0	-	150	150	150	33,00	0,127

Bij een combinatie van een rust- en inspanningsonderzoek wordt er gemiddeld 938 MBq ^{99m}Tc -sestamibi of 1201 MBq ^{99m}Tc -tetrafosmine gebruikt (zie Tabel 8). Bij het gebruik van ^{99m}Tc -sestamibi ligt de gemiddelde dosering iets onder de dosering uit de NVNG-aanbevelingen[2]. De gebruikers van ^{99m}Tc -tetrafosmine geven gemiddeld 200 MBq meer dan de dosering uit de NVNG-aanbevelingen[2]. Alle respondenten die ^{201}Tl -chloride gebruiken geven een dosering van 150 MBq.

De gewogen gemiddelde effectieve dosis voor een SPECT van de hartkamers ECG-getriggerd bij zowel rust als inspanning is 11,9 mSv.

3.3.3 Myocardvitaliteit met redistributie

Dit onderzoek bleek in het vorige onderzoek naar nuclidegebruik een gemiddelde effectieve dosis van 22,0 mSv per onderzoek te hebben. Dit aantal onderzoeken is de afgelopen jaren gedaald waardoor de bijdrage aan de totale effectieve dosis is afgenomen.

De resultaten van 2008 laten zien dat er 1147 onderzoeken zijn uitgevoerd. Dit is minder dan 1% van alle myocardonderzoeken. In 2002 was dit nog 30% van alle myocardonderzoeken.

Tabel 9 Resultaten myocardvitaliteit met redistributie

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m} Tc-sestamibi	625,0	106,1	550	700	-	5,62	0,903
²⁰¹ Tl-chloride	108,3	9,8	100	120	100	23,83	0,097

Het onderzoek naar de myocardvitaliteit met redistributie zou volgens de NVNG-aanbevelingen [2] uitgevoerd worden met thallium-201. Uit de inventarisatie van de gegevens over 2008 (zie Tabel 9) blijkt dat er veelal gekozen wordt voor een technetiumpreparaat, dit heeft een ruim vier maal lagere effectieve dosis per onderzoek dan thallium-201. Het onderzoek myocardvitaliteit met redistributie geeft een gewogen gemiddelde effectieve dosis van 7,4 mSv.

3.3.4 Ejectiefractie linkerventrikel

De belangrijkste hartfunctieonderzoeken zijn de ejectiefractiebepalingen van de hartkamers.

Tabel 10 Resultaten ejectiefractie LV

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	min	max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{99m} Tc-gelabelde autologe erythrocyten	646,8	136,3	500	925	750	4,53	0,285
^{99m} Tc-pentetaat(DTPA) ¹	750				750	3,68	0,345
^{99m} Tc-HSA	654,6	129,2	500	900	-	3,99	0,228
^{99m} Tc-pertechnetaat	650,6	115,9	500	750	-	2,73	0,138
^{99m} Tc-tetrofosmine	750	-	750	750	-	5,70	0,005

¹ Omdat van de respondenten die opgeven dit nuclide te gebruiken geen enkele heeft opgegeven hoeveel activiteit er wordt toegediend is er voor de bepaling van de gemiddelde E verondersteld dat de dosering overeenkomt met de NVNG-aanbevelingen [2].

In de NVNG-aanbevelingen [2] staat dat voor een first-passonderzoek ^{99m}Tc-pentetaat (DTPA) of ^{99m}Tc-HDP/MDP wordt gebruikt. Voor equilibriumtechniek is dit ^{99m}Tc-gelabelde autologe erythrocyten. De dosering voor de genoemde preparaten is 750 MBq.

Alleen de preparaten ^{99m}Tc-DTPA en ^{99m}Tc-gelabelde-autologe-erythrocyten van de NVNG-aanbevelingen [2] worden in de praktijk gebruikt; geen van de respondenten geeft aan gebruik te maken van ^{99m}Tc-HDP/MDP. Er zijn 13 respondenten die aangeven ^{99m}Tc-pentetaat (DTPA) te gebruiken; echter geen van hen heeft aangegeven wat de toegediende hoeveelheid activiteit is. Voor het bepalen van de gewogen gemiddelde effectieve dosis is de veronderstelling gedaan dat in dit geval de dosering uit de

NVNG-aanbevelingen wordt toegepast. Er wordt naast ^{99m}Tc -pentetaat(DTPA) nog wel een aantal andere preparaten voor dit onderzoek gebruikt zoals te zien in Tabel 10. Deze worden niet in de NVNG-aanbevelingen genoemd. Het onderzoek ejectiefractie van het linkerventrikel geeft een gewogen gemiddelde effectieve dosis van 3,9 mSv.

3.4 Schildklieronderzoek

Uit Tabel 11 blijkt dat ^{123}I -natriumjodide en ^{99m}Tc -pertechnetaat worden gebruikt bij het schildklieronderzoek.

Tabel 11 Resultaten schildklieronderzoek

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{123}I -natriumjodide (orale toediening)	12,0	11,4	4	37	10-20	2,64	0,307
^{123}I -natriumjodide (intraveneus)	21,9	6,1	15	34	10-20	4,82	0,654
^{99m}Tc -natriumpertechnetaat	116,0	36,8	74	185	80-180	1,51	0,039

In de NVNG-aanbevelingen [2] staat dat voor dit onderzoek zowel ^{123}I -natriumjodide als ^{99m}Tc -natriumpertechnetaat kan worden gebruikt. Daarbij wordt aangegeven dat ^{123}I -natriumjodide zowel intraveneus als oraal kan worden toegediend. De orale toediening wordt aanbevolen bij organificatie. Het overgrote deel van de schildklieronderzoeken wordt uitgevoerd met ^{123}I -natriumjodide, dit wordt zowel oraal als intraveneus toegediend. Bij de orale toediening valt de gemiddelde toegediende dosering binnen de aanbevolen hoeveelheid. Bij de intraveneuze toediening ligt de gemiddelde toegediende activiteit iets boven de aanbevolen dosering. De gemiddelde dosering van het ^{99m}Tc preparaat valt binnen de aanbevolen waarden.

De gewogen gemiddelde effectieve dosis voor het schildklieronderzoek is 4,0 mSv.

3.5 PET-onderzoek

Voor het PET-onderzoek wordt door alle instellingen het nuclide ^{18}F -FDG gebruikt (zie Tabel 12).

Tabel 12 Resultaten PET-onderzoek

Preparaat	Gemiddelde toegediende activiteit (MBq)	SD	Min	Max	Dosering volgens NVNG (MBq)	Gemiddelde E (mSv)	Fractie van aantal
^{18}F -FDG whole-body	248,8	72,5	150	400	400	4,73	1,00

Opvallend is dat de gemiddelde toediening ongeveer 150 MBq onder de aanbeveling ligt. De gemiddelde toediening is voor een onderzoek van het hele lichaam iets hoger dan voor een partieel onderzoek. De gemiddelde gewogen effectieve dosis voor een PET-whole-body is 4,7 mSv. Dosisbepaling op basis van de NVNG-aanbevelingen [2] zou komen op een dosis van 7,6 mSv per verrichting. De dosisbijdrage van het

PET-onderzoek aan de bevolkingsdosis is op basis van de gegevens over 2008 lager dan bij een berekening op basis van de dosisgegevens uit 2005.

3.6 Opmerkingen van respondenten

De vragenlijst bevatte naast de gesloten vragen ook gelegenheid tot het invoeren van vrije tekst, waaronder opmerkingen. De volgende zaken vielen op:

- 1) De algemene stofnamen werden soms niet herkend doordat de respondent alleen de handelsnaam wist. Deze werd dan achter ‘Anders, nl:’ ingevuld. Bij een volgende gelegenheid zal dit ondervangen worden door naast de stofnaam ook de handelsnaam te vermelden.
- 2) Een respondent gaf aan dat de dosering in veel gevallen afhankelijk was van het lichaamsoppervlak.
- 3) Een respondent meldde bij de hartonderzoeken tijdelijk thallium-201 te gebruiken door leveringsproblemen van technetium-99m. Het gebruik van thallium-201 geeft in vergelijking met technetium-99m een vier- tot vijfmaal hogere effectieve dosis per onderzoek (zie paragraaf 3.3). Het vervangen van technetium-99m door thallium-201 is niet geschikt voor alle onderzoeken maar voor de hartonderzoeken is thallium-201 veelal wel een geschikt alternatief. Wellicht hebben meer instellingen de keus gemaakt tijdelijk de hartonderzoeken met thallium-201 uit te voeren. Dit kan resulteren in een tijdelijke verhoging van de effectieve dosis per onderzoek.

4 Vergelijking buitenlandse waarden

De resultaten van de enquête over de gegevens in 2008 worden in dit hoofdstuk vergeleken met waarden uit het buitenland. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel 13. Waar mogelijk zijn de vergelijkbare resultaten uit Duitsland, de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk opgenomen. De laatste kolom bevat de diagnostische referentieniveaus opgesteld door de Health Protection Agency (HPA) uit het Verenigd Koninkrijk voor de Administration of Radioactive Substances Advisory Committee (ARSAC).

Tabel 13 Vergelijking buitenlandse waarden

Onderzoek	Gem. act. NL	Mediaan act. Du* [3]	Gem. act VS [4]	Gem.act. VK [5]	DRL VK [6]
Statisch skeletonderzoek					
^{99m} Tc -medronaat(MDP)	623,1	\	\	\	\
^{99m} Tc -oxidronaat(HDP)	589,7				
^{99m} Tc-DPD	650,0				
Meerfasen skeletonderzoek					
^{99m} Tc -medronaat(MDP)	655,8				600 [†]
^{99m} Tc -oxidronaat(HDP)	591,3	600 [†]	1110 [†]	598,3 [†]	
^{99m} Tc-DPD	650,0				/
SPECT skelet					
^{99m} Tc -medronaat(MDP)	640,0				\
^{99m} Tc -oxidronaat(HDP)	601,1				800 [†]
^{99m} Tc-DPD	650,0	/	/	/	/
SPECT myocard rust					
^{99m} Tc-sestamibi	632,8	791 ^{†*}		406,0 ^{††}	800
^{99m} Tc-tetrofosmine	576,0	500 ^{†*}		414,2 ^{††}	800
²⁰¹ Tl-chloride	111,7	94 ^{†*}		75,3 ^{††}	120
SPECT myocard stresstest					
^{99m} Tc-sestamibi	1060,0	1000 ^{†*}	1100/1500**		
^{99m} Tc-tetrofosmine	1107,5	1000 ^{†*}	1500		
²⁰¹ Tl-chloride	173,3	97 ^{†*}	185		
SPECT myocardvitaliteit					
^{99m} Tc-sestamibi	625,0	791 ^{†*}			
²⁰¹ Tl-chloride	108,3	94 ^{†*}			120
SPECT van de hartkamers met ECG in rust					
^{99m} Tc-sestamibi	566,1	791 ^{†*}			
^{99m} Tc-tetrofosmine	590,0	500 ^{†*}			
²⁰¹ Tl-chloride	125,0	94 ^{†*}			
SPECT van de hartkamers met ECG stresstest					
^{99m} Tc-sestamibi	937,6	1000 ^{†*}	1100/1500**		
^{99m} Tc-tetrofosmine	1200,8	1000 ^{†*}	1500		
²⁰¹ Tl-chloride	150,0	97 ^{†*}	185		

Onderzoek	Gem. act. NL	Mediaan act Du* [3]	Gem. act. VS [4]	Gem. act. UK [5]	DRL ARSAC [6]
Ejectiefractie					
^{99m} Tc-gelabelde autologe-erytrocyten	646,8	821	1110	665,1	800
^{99m} Tc-pentetaat(DTPA)				350,0	800
^{99m} Tc-HSA	654,6				800
^{99m} Tc-pertechneetaat	650,6			676,8	800
^{99m} Tc-tetrofosmine	750				
Schildklier					
¹²³ I-natriumjodide (orale toediening)	12,0		25	18,4	20
¹²³ I-natriumjodide (intraveneus)	21,9		25	18,4	20
^{99m} Tc-natriumpertechneetaat	116,0	70	370	74,6	
PET whole-body					
18F-FDG	248,8	370	740	283,8	400

*Voor Duitsland is de mediaan van de activiteit vermeld. In de bijlage is een tabel overgenomen uit een artikel over diagnostische referentiewaarden in Duitsland

†Bij het skeletonderzoek wordt in de literatuur veelal geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende fosfonaatverbindingen en/of tussen het type skeletonderzoek.

** cardiale stresstest 1100 MBq bij eendags protocol, 1500 MBq bij een tweedaags protocol

†† Het gaat hier om een onderzoek van het myocard waarbij geen onderscheid gemaakt wordt tussen de onderzoeken in rust of bij inspanningen of dat er sprake is van het gebruik van SPECT.

†*Waarden met titel Herz Perfusion/Vitalität

Bij skeletonderzoeken in Nederland ligt de hoeveelheid toegediende activiteit tussen de 590-660 MBq. Deze waarden liggen beduidend lager dan in de VS en zijn ongeveer gelijk aan de waarden in het Verenigd Koninkrijk en de mediane waarden van Duitsland.

Bij de SPECT-hartonderzoeken liggen de gemiddelde waarden uit het Verenigd Koninkrijk iets lager dan de Nederlandse; hierbij is er voor de waarden uit het Verenigd Koninkrijk geen onderscheid tussen het soort onderzoek.

Bij het stressonderzoek van het hart geeft men in de Verenigde Staten iets meer dan in Nederland. De waarden in Duitsland zijn van dezelfde orde maar zijn niet helemaal vergelijkbaar omdat het om mediaanwaarden gaat.

Voor het ejectiefractie-onderzoek geldt ook dat de waarden uit de Verenigde Staten hoger zijn dan de waarden in Nederland. De gemiddelde waarden uit het Verenigd Koninkrijk zijn ongeveer gelijk aan die in Nederland.

Ook bij het schildklieronderzoek liggen de waarden uit de Verenigde Staten hoger dan die van Nederland. Bij het PET-onderzoek is de gemiddelde toegediende activiteit in Nederland de laagste in vergelijking met de waarden uit de andere landen. De gemiddelde toediening in het Verenigd Koninkrijk is van dezelfde orde van grootte als die in Nederland.

5 Conclusie

Een vergelijking tussen de gemiddelde toegediende activiteit en de NVNG-aanbevelingen laat zien dat in veel gevallen deze aanbevelingen redelijk worden gevolgd. Bij de hartonderzoeken is er een lichte overschrijding van de aanbevolen hoeveelheid radiofarmacon. De vermelde dosering uit de NVNG-aanbevelingen [2] moeten worden beschouwd als aanbevolen hoeveelheden en dienen te worden aangepast aan de individuele factoren. Bijvoorbeeld bij het gebruik van SPECT-techniek kunnen de aanbevolen waarden worden overschreden omdat een hogere telopbrengst per aanzicht nodig is.

Voor PET-whole-bodyonderzoek is opvallend dat de gebruikte hoeveelheid activiteit gemiddeld ongeveer 150 MBq minder is dan de aanbevolen 400 MBq. Dit houdt in dat de effectieve dosis voor een whole-body-onderzoek niet 7,6 mSv is, zoals volgt uit de NVNG-aanbeveling [2], maar 4,7 mSv.

Als het totaal aantal nucleaire onderzoeken wordt bekeken dan is met het nieuwe inzicht de stralingsdosis per inwoner door nucleaire geneeskunde 0,095 mSv per jaar. Dit is 12% hoger dan berekend met de eerder beschikbare gegevens.

Een vergelijking met het buitenland laat zien dat de Nederlandse doseringen vaak lager lijken te zijn dan de Duitse. In de Verenigde Staten wordt over het algemeen beduidend meer gegeven dan in Duitsland. De hoeveelheden toegediende activiteit in Nederland zijn iets hoger dan vergelijkbare waarden in het Verenigd Koninkrijk (waarden uit 2003/2004).

Een complicerende factor bij het onderzoek was dat de naamgeving van de preparaten op wisselende manieren gebeurt. Er wordt zowel gebruikgemaakt van de naam van de werkzame stof als van de naam van de bereidingskit van de fabrikant. Bij een volgende gelegenheid zal dit ondervangen worden door naast de stofnaam ook de handelsnaam te vermelden.

Door problemen met de productie van technetium-99m is de levering aan ziekenhuizen de afgelopen periode niet optimaal geweest. Eén respondent geeft bij de opmerkingen aan dat men door het gebrek aan technetium-99m tijdelijk weer is overgegaan op het gebruik van thallium-201. Het gebruik van thallium-201 levert in vergelijking met technetium-99m, een hogere effectieve dosis voor hetzelfde onderzoek. De ontwikkelingen op dit gebied kunnen er voor zorgen dat de gemiddelde effectieve dosis per onderzoek tijdelijk toeneemt.

Lijst van afkortingen

ARSAC	Administration of Radioactive Substances Advisory Committee
DPD	Dicarboxypropaan difosfonaat
DRL	Diagnostic Reference Level
DTPA	Pentetaat
ECG	Electrocardiogram
EF	Ejectiefractie
FDG	Fludeoxyglucose
HDP	Oxidronaat
HPA	Health Protection Agency
HSA	Humaan Serum Albumine
I	Jodium
LV	Linkerventrikel
MBq	Mega Becquerel
MDP	Medronaat
NVNG	Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde
PET	Positron Emission Tomography
SPECT	Single Photon Emission Computed Tomography
Tc	Technetium
Tl	Thallium

Literatuur

1. Stoop P, Bader S, Tanzi C e.a. Radioactief jodium in huishoudelijk afval, RIVM-rapport 610790008, 2009
2. Barneveld P.C., van Urk P.(red), Commissie kwaliteitsbevordering van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (NVNG), Aanbevelingen nucleaire geneeskunde 2007, april 2007
3. Noßke, D, Minkov V, Brix G, Establishment and application of diagnostic reference levels for nuclear medicine procedures in Germany, 2004.
4. Mettler F, Huda W, Yoshizumi T, Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A catalog, RSNA, 2008.
5. Hart D, Wall B, A survey of Nuclear Medicine in the UK in 2003/04, HPA-RPD-003
6. ARSAC, Notes for guidance on the Clinical Administration of Radiopharmaceuticals and Use of Sealed Radioactive Sources, maart 2006

Bijlage

In deze bijlage is een tabel overgenomen afkomstig uit een artikel over de diagnostische referentieniveaus bij nucleaire geneeskunde in Duitsland [3]. In deze tabel is een overzicht gegeven van de situatie in Duitsland en enkele andere richtlijnen.

		Median FV (22)	SSK (5)	IAEA (13)	EANM (20)	DGN (24)	ÖGN (19)	SSI (25)
Schildkruisenzintigraphie	^{99m} Tc-Perthechnat	70	75	200	80	20-80*	80	150
Knochenszintigraphie	^{99m} Tc-MDP, ^{99m} Tc-DPD, ^{99m} Tc-HDP	600	750	600/800**	500	500-1000	550	600/800**
Herz Perfusion/Vitalität	^{99m} Tc-Sestamibi	791/490/1000***	800	-	-	750-1100	-	600/400/1200**
	^{99m} Tc-Tetrofosmin	500/370/1000***	800	-	-	750-1100	700	600/400/1200**
	²⁰¹ Tl-Chlorid	94/95/97***	75	100	-	75-150	100	-
Herz RNV	^{99m} Tc-Erythrozyten	821	750	800	800	555-1100	750	800
Nieren-funktionsszintigraphie	^{99m} Tc-MAG ₃	80	200	100	70	37-370	110	200
	^{99m} Tc-DTPA	40	150	-	200	37-370	-	200
Lungenperfusion	^{99m} Tc-MAA	150	200	200	80	40-150	110	125/200*
Gehirnperfusion	^{99m} Tc-HMPAO	550	550	500	740	555-1100	740	1000
	^{99m} Tc-ECG	550	550	-	-	555-1100	-	800
PET Glukose-Uptake	¹⁸ F-FDG	370	400	-	-	350-750	370/400****	-

*: parallel zur Festlegung der DRW wurde von der DGN in einer neuen Empfehlung ein Wert von 75 MBq empfohlen (9); **: zweiter Wert gilt für SPECT; ***: Werte gelten in Ruhe / unter Belastung / in Ruhe und Belastung; ****: mit Koinzidenz-PET / mit Ring-PET

Bron: Nofke, D, Minkov V, Brix G, Establishment and application of diagnostic reference levels for nuclear medicine procedures in Germany, 2004.

Referenties in de tabel:

22. Schnell-Indress P, Hacker m, Nofke D et al. Erfassung alters- und geschlechtsbezogener Daten nuklearmedizinischer Untersuchungen zur Berechnung der jährlichen Strahlenexposition in der BRD: eine Pilotstudie. Nuklearmedizin 2004; 43:45-46
5. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bekanntmachung einer Empfehlung der Strahlenschutzkommission (Diagnostische Referenzwerte in der Nuklearmedizin. Bundesanzeiger 2001; 164: 19142-3
13. International Atomic Energy Agency. International Basis Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115. International Atomic Energy Agency, 1996.
20. Piepsz A, Hahn K, Roca I et al. A Radiopharmaceutical Schedule for Image in Pediatric. Recommendations of the Pediatric Task Group of the European Association of Nuclear Medicine. Eur J Nucl Med 1990; 17:127-9
24. Schöber O, Lottes G. (Hrsg). Empfehlungen zur Klinischen Qualitätskontrolle in der nuklearmedizinischen Diagnostik und Therapie. Nuklearmedizin 1999; 38: 207-78
19. Österreichische Gesellschaft für Nuklearmedizin. Referenzaktivitäten für nuklearmedizinische Diagnostik, Dezember 2001. http://www.ogn.at/refakt_02.html
25. Statens strålskyddsinstitut. The Swedish Radiation Protection Authority's Regulations and General Advice on Diagnostic Reference Level within Nuclear Medicine, unofficial translation, 2002. SSI FS 2002:1

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl