

Fontys Paramedische Hogeschool

Opleiding Medische Beeldvorming en Radiotherapeutische Technieken

Myocardperfusiescintigrafie: reconstrueren met gefilterde terugprojectie of iteratieve reconstructie

In opdracht van:

Máxima Medisch Centrum, afdeling Nucleaire Geneeskunde
Drs. I.H. Liem, nucleair geneeskundige

Onder begeleiding van:

Fontys Paramedische Hogeschool
Dhr. R.R.G. van de Kolk

Auteur:

Jorie Wagenaars
Studentnummer: 2092908

Voorwoord

Het onderzoeksverslag dat voor u ligt, is geschreven in het kader van de duale opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken aan de Fontys Paramedische Hogeschool (FPH) te Eindhoven. Dit onderzoeksverslag betreft een verslaglegging van een kwantitatief onderzoek naar verschillende reconstructiemethoden bij een myocardperfusiescintigrafie.

Het onderzoek is uitgevoerd op de afdeling Nucleaire Geneeskunde van het Máxima Medisch Centrum (MMC) te Veldhoven in opdracht van drs. I.H. Liem, nucleair geneeskundige.

Via deze weg wil ik een aantal personen bedanken. Een speciaal dankwoord gaat uit naar mijn begeleiders uit het MMC, drs. I.H. Liem en dr. ir. E. Meijer. Hen wil ik bedanken voor de fijne samenwerking en de feedback. Tevens wil ik mijn collega's van de afdeling Nucleaire Geneeskunde en Radiologie bedanken voor hun hulp en steun tijdens het afstuderen.

Daarnaast wil ik mijn begeleidend docent, dhr. R.R.G. van de Kolk bedanken voor zijn kritische blik, de waardevolle feedback en de fijne samenwerking gedurende het afstuderen.

*Jorie Wagenaars
Veldhoven
Juni 2016*

Samenvatting

Inleiding

Binnen het Máxima Medisch Centrum wordt gefilterde terugprojectie (FBP) gebruikt om myocardperfusiescintigrafie (MPS) data te reconstrueren. Uit de literatuur blijkt dat ordered subset expectation maximization (OSEM) een betere beeldkwaliteit geeft door vermindering van ruis. De ruis kan verder worden verminderd door OSEM te combineren met resolution recovery (RR). Veranderen van reconstructiemethode kan echter de diagnose voor de patiënt beïnvloeden. Het doel van deze studie is om te bepalen of de beeldkwaliteit bij MPS met OSEM, met en zonder RR, verbetert ten opzichte van FBP met behoud van de mogelijkheid om een accurate klinische beoordeling te kunnen geven.

Methode

Met een fantoomonderzoek werd onderzocht wat optimale reconstructieparameters waren voor de reconstructie met OSEM en OSEM-RR. Daaropvolgend werden 57 patiëntendatasets gereconstrueerd met FBP, OSEM en OSEM-RR en door twee nucleair geneeskundigen beoordeeld op visuele beeldkwaliteit. Vervolgens werd de signaal-ruis-verhouding (SNR) en contrast-ruis-verhouding (CNR) berekend en bepaald of een accurate klinische beoordeling mogelijk was.

Resultaten

Op basis van het fantoomonderzoek werden de reconstructieparameters OSEM 4/4 en OSEM-RR 6/10 als beste beoordeeld en gebruikt voor het reconstrueren van de patiëntendata. De visuele beeldkwaliteit was bij FBP significant beter dan OSEM en OSEM-RR, terwijl de SNR en CNR bij OSEM significant beter waren. Bij de klinische beoordeling was er geen significant verschil in diagnose. Op basis van het aantal segmenten en het gebied waarin deze segmenten zich presenteerden werd aangetoond dat bij veranderen van reconstructiemethode het behandelbeleid voor de patiënt kan veranderen.

Conclusie

Bij de visuele beeldkwaliteit wordt FBP als beste beoordeeld, terwijl de SNR en CNR bij OSEM beter is. De diagnose verschilt niet tussen de reconstructiemethoden, maar het aantal segmenten van het defect wel. Een aanbeveling is om vervolgonderzoek te verrichten met gouden standaard en de nucleair geneeskundigen ervaring op te laten doen met OSEM, alvorens te veranderen van reconstructiemethode.

Abstract

Introduction

Máxima Medical Centre used filtered back projection (FBP) to reconstruct the myocardial perfusion imaging (MPI) studies. Literature shows that ordered subset expectation maximization (OSEM) improves image quality by reducing noise. Noise can be further reduced by combining OSEM with resolution recovery (RR). However, change of reconstruction method may influence the diagnosis for the patient. The aim of this study is to determine whether the image quality of MPI with OSEM, with and without RR, surpasses the image quality of FBP while retaining the ability to give an accurate clinical assessment.

Method

A phantom study was performed to determine the optimal reconstruction parameters for the reconstruction using OSEM and OSEM-RR. Datasets of 57 patients were reconstructed with FBP, OSEM and OSEM-RR. Two nuclear medicine physicians evaluated all studies on visual image quality. The signal-to-noise ratio (SNR), and contrast-to-noise ratio (CNR) were calculated and determined whether an accurate clinical assessment was possible.

Results

Within the phantom study, the reconstruction parameters OSEM 4/4 and OSEM-RR 6/10 were the best evaluated and used to reconstruct the patient data. The visual image quality scores of FBP were significantly higher than OSEM and OSEM-RR, while the SNR and CNR was significantly better at OSEM. In the clinical evaluation, there was no significant difference in diagnosis. The number of segments and the area in which these segments are presented, has shown that changing the reconstruction method may influence the treatment policy for the patient.

Conclusion

The visual image quality at FBP scores the best, while the SNR and CNR at OSEM is better. The different reconstruction methods do not influence the final diagnosis, but can change the number of segments that the defect shows. It is recommended to perform further research with gold standard and expand experience with OSEM for the nuclear medicine physicians, before use in clinical practice.

Inhoud

Voorwoord

Samenvatting

Abstract

Inleiding 8

Methode..... 11

 Fantoomonderzoek 11

 In- en exclusiecriteria 13

 Meetinstrumenten..... 13

 Patiëntenonderzoek 13

 Analyse..... 15

 Ethische verantwoording 16

Resultaten..... 17

 Fantoomonderzoek 17

 Onderzoekspopulatie 18

 Visuele beeldkwaliteit 19

 SNR en CNR 20

 Klinische beoordeling 21

Discussie 24

Conclusie 27

Literatuur

Bijlagen I

Bijlage 1 - Cardiac Insert™ II

Bijlage 2 - Protocol myocardperfusiescintigrafie met fysiologische inspanning III

Bijlage 3 - Protocol myocardperfusiescintigrafie met farmacologische inspanning XI

Bijlage 4 - Beoordelingsformulier myocardperfusiescintigrafie XX

Inleiding

In Nederland vormen hart- en vaatziekten een belangrijke doodsoorzaak (1). In 2014 was 27,1% (n = 37.824) van alle sterftegevallen te wijten aan ziekten van het hart- en vaatstelsel. Van alle hart- en vaatziekten overlijdt 46,8% (n = 17.718) aan coronair vaatlijden (1).

Bij coronair vaatlijden is de bloedvoorziening van de hartspier gedeeltelijk of geheel afgesloten (2). Bij een normale doorbloeding is er een balans tussen de bloedtoevoer en de zuurstofbehoefte van het myocard. Bij inspanning neemt de zuurstofbehoefte van het myocard toe, maar bij de aanwezigheid van een (gedeeltelijke) occlusie van een coronairarterie zal de doorbloeding niet toe kunnen nemen (3). Als gevolg hiervan treden klachten op als angina pectoris (4).

Coronair vaatlijden kan op verschillende manieren worden gediagnosticeerd, invasief en non-invasief. Onder invasief wordt een hartkatheterisatie met coronaire angiografie verstaan (5). Er zijn ook non-invasieve methoden zoals een inspanningsonderzoek met elektrocardiografie, echocardiografie, computed tomography angiography (CTA), magnetic resonance angiography (MRA). Bovendien kan de perfusie zichtbaar worden gemaakt door middel van een single photon emission computed tomography (SPECT) of positron emission tomography (PET) (5, 6).

Bij de myocardperfusiescintigrafie (MPS) wordt gebruikt gemaakt van een SPECT (3, 7). In de praktijk speelt MPS een belangrijke rol bij het stellen van de diagnose, het bepalen van de juiste behandeling en bij de follow-up van patiënten met coronair vaatlijden (6, 8-10). MPS is een ruim beschikbare, algemeen bekende, niet invasieve methode (10). Bij MPS kunnen tekenen van hemodynamisch significante ischemie worden aangetoond door regionale verschillen in de perfusie die zich uitsluitend of het meest presenteren bij inspanning (3, 10). Indien de defecten in de perfusie ook in rust persisteren, is het defect irreversibel en wordt dit verklaard door het verlies van hartspiercellen als gevolg van een myocardinfarct (3).

Bij de MPS in het Máxima Medisch Centrum (MMC) wordt 30 minuten na toediening van 450 Megabecquerel (MBq) ^{99m}Tc tetrofosmine een SPECT opname gemaakt (11, 12). Hierbij worden opnamen uit verschillende richtingen gemaakt, waaruit achteraf tomografische beelden gereconstrueerd kunnen worden. Deze beelden geven inzicht in de driedimensionale verdeling van de activiteit over het myocard. Op deze manier kunnen perfusiedefecten zichtbaar worden gemaakt (7).

Uit de literatuur blijkt dat de nauwkeurigheid van SPECT en daarmee de beeldkwaliteit kan worden verbeterd door nieuwere apparatuur met gevoeligere detectoren, hogere plaatsresolutie, verhoogde specificiteit van radiofarmaca en alternatieve reconstructiemethoden (6).

De beeldkwaliteit kan bij MPS worden uitgedrukt in de signaal-ruis-verhouding (SNR) en de contrast-ruis-verhouding (CNR). De SNR geeft weer hoeveel sterker het signaal is ten opzichte van de ruis (13-15). De CNR maakt het verschil in grijswaarden zichtbaar tussen twee gebieden (14, 15).

Bij de visuele beoordeling van de MPS is naast de SNR en CNR, de homogene verdeling van de activiteit in het myocard een belangrijk aspect van de beeldkwaliteit (7).

Wat betreft reconstructiemethoden, was gefilterde terugprojectie (FBP) lange tijd het enige reconstructie-algoritme dat werd gebruikt bij het reconstrueren van SPECT-beelden (16). FBP is een veelgebruikte analytische techniek waarbij het gereconstrueerde beeld wordt verkregen door bij iedere projectie het aantal gemeten counts terug te projecteren langs een lijn loodrecht op de collimator. Het aantal gemeten counts wordt het signaal genoemd. Het signaal vertegenwoordigd het aantal fotonen dat afkomstig is vanuit een bepaald gebied. Een nadeel van FBP is dat het signaal ook buiten dit gebied wordt geprojecteerd, waardoor een stervormig artefact ontstaat. Dit kan worden verminderd door het gebruik van een ramp-filter (7). Het voordeel van FBP is dat het een sneller resultaat geeft ten opzichte van andere reconstructiemethoden, zoals iteratieve reconstructie (IR) (7). De beeldkwaliteit van FBP is echter matig door de aanwezigheid van relatief veel ruis, wat resulteert in een lagere SNR. Tevens is het contrast bij FBP matig, wat wordt uitgedrukt in een lagere CNR (7, 17).

Een andere reconstructiemethode is IR. Deze algoritmen zijn rekenintensief en duren daardoor langer dan FBP reconstructie (7, 18). Bij IR wordt het mathematisch model van de gammacamera, de acquisitiegeometrie en de patiënt gebruikt bij de reconstructie. Hierbij wordt eerst berekend wat de verdeling van radioactiviteit in het scanveld van de camera is. Het berekende resultaat wordt telkens vergeleken met de werkelijke projecties. Op basis van verschillen tussen het berekende en het werkelijke beeld zal het beeld bij iedere projectie aangepast worden, dit wordt ook wel modellering genoemd. Om IR aantrekkelijker te maken is een snellere rekentechniek ontwikkeld, de ordered subset expectation maximization (OSEM). Bij gebruik van OSEM worden de projecties opgedeeld in een aantal groepen ofwel subsets. Indien alle subsets zijn doorlopen, is één iteratie afgerond (7).

In de afgelopen jaren is de OSEM-reconstructie verbeterd door gebruik te maken van resolution recovery (RR). De fabrikanten hebben specifieke eigenschappen van de detector en de gebruikte collimator aan het reconstructiealgoritme toegevoegd. De ruis kan hierdoor nog verder worden gereduceerd, wat resulteert in een lagere SNR en CNR (7, 18). Doordat de rekencapaciteit van computers in de afgelopen jaren is toegenomen, kunnen IR-algoritmen worden gebruikt als alternatief voor FBP in de klinische praktijk (16, 19). Uit eerder onderzoek blijkt dat OSEM het voordeel heeft dat er door modellering een betere schatting van de activiteitsverdeling gemaakt kan worden (7). De beeldkwaliteit van OSEM is visueel beter is dan FBP, met in het bijzonder de gebieden met een lage telstatistiek. Verder blijkt uit verschillende studies dat de SNR hoger is dan bij FBP (16, 17).

Dat de keuze van een bepaalde reconstructiemethode van groot belang is, blijkt uit eerder onderzoek. De diagnose die wordt gesteld op basis van de MPS kan namelijk worden beïnvloed door de reconstructiemethode die wordt gebruikt (16). Beide reconstructiemethoden worden beïnvloed door hun eigen parameters, zoals cutoff-frequentie en order bij FBP en het aantal iteraties en subsets bij OSEM (17). Dit betekent dat veranderen van reconstructiemethode of de parameters mogelijk kan leiden tot een andere interpretatie van de beelden en daarmee tot een andere diagnose. Mogelijk heeft dit impact op het behandelbeleid van de individuele patiënt.

Binnen het MMC is het op dit moment gebruikelijk om de MPS te reconstrueren met behulp van FBP. Aangezien uit de literatuur blijkt dat OSEM een betere beeldkwaliteit geeft, maar mogelijk ook andere diagnoses, is het van belang dat er nader onderzoek wordt gedaan naar de mogelijkheid om gebruik te maken van OSEM in plaats van FBP. De doelstelling van dit onderzoek is dan ook om te bepalen of de beeldkwaliteit bij MPS met OSEM, met en zonder RR, verbetert ten opzichte van FBP met behoud van de mogelijkheid om een accurate klinische beoordeling te kunnen geven.

De beeldkwaliteitsaspecten worden uitgedrukt in een beoordeling van de visuele beeldkwaliteit, waarbij SNR, CNR en homogeniteit meewegen. Bovendien worden de SNR en CNR kwantitatief berekend.

Methode

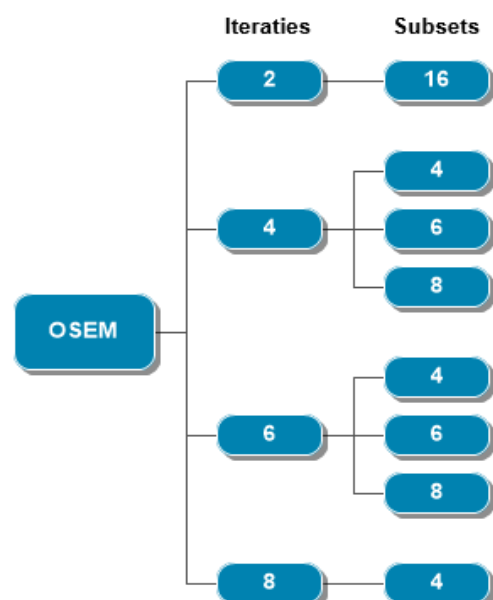
Het onderzoek betrof een retrospectief kwantitatief onderzoek uitgevoerd in het MMC. Hierin werd onderzocht welke reconstructiemethode bij MPS de beste beeldkwaliteit opleverde met behoud van de mogelijkheid om een accurate klinische beoordeling te kunnen geven.

Binnen dit onderzoek werd de MPS op drie verschillende wijzen gereconstrueerd. Dit werd gedaan door middel van FBP en door middel van twee OSEM varianten. Er werd een OSEM reconstructie toegepast met behulp van het processing station van Oasis en een OSEM reconstructie met RR (OSEM-RR) met behulp van het processing station Xeleris. Na het reconstrueren werden de beelden beoordeeld door twee nucleair geneeskundigen op beeldkwaliteit en eventuele pathologische bevindingen. Waarbij ze werden geblindeerd voor de klinische gegevens en de reconstructiemethode. Vervolgens werd de SNR en CNR berekend.

Fantomonderzoek

Voor aanvang van het onderzoek werd gestart met een vooronderzoek naar het optimale aantal subsets en iteraties dat gebruikt dient te worden bij de IR om te komen tot de best mogelijke beeldkwaliteit. Om dit te bepalen werd een fantoomonderzoek uitgevoerd met behulp van een Cardiac Insert™ fantoom. De specificaties en een afbeelding van het fantoom zijn bijgevoegd in bijlage 1.

In de klinische praktijk van het MMC wordt de MPS 30 tot 45 minuten na toediening van ^{99m}Tc tetrofosmine met een dosis van 450 MBq, $\pm 10\%$ (11, 12). De biodistributie van ^{99m}Tc tetrofosmine toont aan dat tussen de 15 minuten en 4 uur na toediening 1,2% van de totale dosis zich in het myocard bevond (20). Om de activiteit in het myocard na te bootsen werd het Cardiac Insert™ fantoom gevuld met 5,4 MBq ^{99m}Tc waarna de acquisitie plaats vond met dezelfde parameters als de MPS. Het onderzoeksprotocol van de fysiologische inspanning is bijgevoegd in bijlage 2 en het onderzoeksprotocol van de farmacologische inspanning is bijgevoegd in bijlage 3. De acquisitieparameters zijn bij beide protocollen gelijk. Het fantoom werd twee keer gescand, de eerste keer zonder defecten en de tweede keer met defecten. Deze defecten bestonden uit rubberen bolletjes die gevuld waren met watten, waardoor ze massief werden en zich niet konden vullen met activiteit. De defecten werden anterior, inferior, lateraal en apicaal geplaatst. De scans met en zonder geïntroduceerde defecten werden herhaald nadat er achtergrondactiviteit werd toegevoegd aan het fantoom. Door middel van ROI's werd de verhouding tussen de concentratie van de activiteit in het myocard en in de achtergrond berekend, deze bedroeg 1 op 14. Om de achtergrond toe te kunnen voegen, werd een jaszczak fantoom van 9800 ml gebruikt. De concentratie van de activiteit in het myocard was 0,049 MBq per ml. Voor de



Figuur 1: De combinaties van iteraties en subsets voor fantoomonderzoek naar het verkrijgen van optimale reconstructieparameters voor zowel OSEM als OSEM-RR.

achtergrond betekende dit dat de concentratie 0,0035 MBq/ml was, wat voor het hele jaszczak fantoom dus 33,6 MBq was.

De ruwe data van de scans zonder achtergrondactiviteit werden gereconstrueerd met verschillende combinaties van iteraties en subsets. Deze combinaties werden gebaseerd op de methode van het onderzoek van P.P. de Barros et al. (21) en zijn weergegeven in figuur 1. Zowel voor de OSEM reconstructie met behulp van het processing station van Oasis als voor de OSEM-RR reconstructie met behulp van het processing station van Xeleris werden deze combinaties gebruikt. De RR werd meegenomen, omdat deze door toevoegen van specifieke eigenschappen van de detector en de collimator de ruis nog verder kan reduceren (7). Naast de reconstructieparameters zoals weergegeven in figuur 1, werden tevens de door de fabrikant aanbevolen reconstructieparameters toegevoegd. Voor OSEM waren dit 4 iteraties en 6 subsets (4/6) en voor OSEM-RR was dit 12/10.

Vanuit de beelden zonder achtergrondactiviteit werden de combinaties geselecteerd waarbij de visuele beeldkwaliteit werd beoordeeld met goed of uitstekend. Bovendien werden de beelden geselecteerd waarbij de SNR en CNR het hoogste waren en de beelden die met het aantal segmenten dat het defect omvatte FBP het dichtst naderden. De ruwe data van het fantoom met achtergrondactiviteit werd met de geselecteerde combinaties opnieuw gereconstrueerd. Vanuit de beelden met achtergrondactiviteit werden de best beoordeelde reconstructieparameters gekozen voor OSEM en OSEM-RR. Deze werden beoordeeld op dezelfde criteria als bij het fantoom zonder achtergrondactiviteit.

Alle beelden werden in samenspraak beoordeeld door twee nucleair geneeskundigen. De beelden werden beoordeeld op visuele beeldkwaliteit waarbij de SNR, CNR en homogeniteit werden meegewogen in de beoordeling. De visuele beeldkwaliteit werd gescoord op basis van een 5-punts Likert-schaal, waarbij 1 slecht en 5 uitstekend was.

Om de SNR en CNR meer objectief te maken, werden deze kwantitatief gemeten. Deze metingen vonden plaats op de ruwe data van de reconstructie met behulp van twee Regions of Interest (ROI's). Hieruit werden het gemiddelde signaal en de standaarddeviatie afgelezen en kon de SNR en CNR worden berekend. De eerste ROI werd op de laterale wand van het myocard geplaatst. Hiervoor werd gekozen, omdat in de anterior wand en septale wand artefacten kunnen ontstaan door aanwezigheid van borstweefsel en de inferior wand gevoelig was voor artefacten vanuit het maagdarmsstelsel (7). Indien in deze wand een defect aanwezig was, werd de ROI in een andere wand gelegd waar wel activiteit aanwezig was. De tweede ROI werd in de linker ventrikel geplaatst. De ROI's werden handmatig door de onderzoeker ingetekend. Bij het intekenen is de grootte van de ROI, die werd weergegeven in het aantal pixels, zoveel mogelijk gelijk gehouden. Met behulp van onderstaande formule kan de SNR worden berekend (15). Hierbij werd het gemiddelde signaal (μ_s) gedeeld door de standaarddeviatie van de ruis (σ).

$$SNR = \frac{\mu_s}{\sigma}$$

De CNR werd berekend met behulp van de onderstaande formule (15). Waarbij de gemiddelde ruis (μ_r) in mindering werd gebracht op het gemiddelde signaal (μ_s) en vervolgens gedeeld door de standaard deviatie van de ruis (σ).

$$CNR = \frac{\mu_s - \mu_r}{\sigma}$$

Om uiteindelijk tot de meest optimale OSEM en OSEM-RR reconstructieparameters te komen, werd beoordeeld welke beelden met welke reconstructieparameters het meest overeenkwamen met de bekende eigenschappen van het fantoom en de geïntroduceerde defecten. De beoordeling van de visuele beeldkwaliteit was hierbij doorslaggevend. De bepaling van de SNR en CNR, het aantal segmenten dat het defect omvat en het gebied waarin het defect zich bevond werden gebruikt ter ondersteuning.

In- en exclusiecriteria

Om de generaliseerbaarheid van dit onderzoek te vergroten, werd ervoor gekozen om zowel mannen als vrouwen te includeren. Van de patiënten die werden geïnccludeerd moest zowel een stress als een rest-gated opname aanwezig zijn. De patiënten waarbij een gated opname niet mogelijk was, in verband met een irregulaire hartfrequentie, werden geëxcludeerd.

De patiënten die door lichamelijke problemen de armen niet boven het hoofd konden leggen tijdens de opnamen werden tevens geëxcludeerd. De afstand tot de camerakop van de SPECT-CT was in deze situatie namelijk groter waardoor de beeldkwaliteit negatief werd beïnvloed (7).

Voor de stress opnamen werden twee manieren van inspanning gebruikt, de fysiologische en de farmacologische inspanning. Uit eerder onderzoek bleek dat indien er geen fysiologische inspanning mogelijk was of indien deze niet gewenst was, de farmacologische inspanning een goed alternatief was (7, 22, 23). Voor de generaliseerbaarheid werden zowel patiënten met een fysiologische als met een farmacologische inspanning geïnccludeerd.

Meetinstrumenten

De acquisitie van de MPS vond plaats op de SPECT-CT Optima NM/CT 640, van General Electric (GE) met typenummer H3100YC en systeemnummer VLD0233. De processing van de OSEM reconstructie vond plaats op het processingstation Oasis, V1.9.4.2 sp3, welke is geïntegreerd in het Impax Picture Archiving and Communication System (PACS) van Agfa, versie 6.6.1.3004. Dit processingstation werd ook gebruikt voor de reconstructie met FBP. Voor de OSEM-RR reconstructie werd gebruik gemaakt van het processing station Xeleris 3, met de softwareversie 3.0562.

Patiëntenonderzoek

Voor de dataverzameling werd de ruwe data gebruikt van de patiënten die in januari 2016 een MPS hadden ondergaan. Van de patiënten werd het geslacht en de manier van inspanning verzameld. Tevens werd van de leeftijd in jaren, de lengte in centimeters (cm) en van het gewicht in kilogram (kg)

het gemiddelde en de standaarddeviatie berekend. Van de toegediende dosis in MBq werd het gemiddelde, de minimale en de maximale waarde weergegeven.

De ruwe data van de MPS werd verzameld vanuit PACS en opnieuw gereconstrueerd door de onderzoeker. Er werden drie verschillende reconstructies gemaakt waarvan de eerste bestond uit de FBP zoals gebruikelijk op de nucleaire geneeskunde binnen het MMC. Bij de reconstructie met behulp van FBP werd gebruik gemaakt van een 5^{de} orde Butterworthfilter met een cutoff-frequentie van 5 Hz, zonder additioneel postprocessing filter. De andere twee reconstructies waren een IR, die bestonden uit een OSEM reconstructie met behulp van het processing station van Oasis als voor de OSEM-RR reconstructie met behulp van het processing station van Xeleris. Deze reconstructieparameters werden vastgesteld op basis van het eerder beschreven fantoomonderzoek. De reconstructies werden door de onderzoeker willekeurig genummerd, waardoor de datavolgorde en de reconstructiemethode geblindeerd werden voor de nucleair geneeskundigen. De klinische gegevens van de patiënten werden ook geblindeerd, om herkenning aan de hand van de klinische gegevens te voorkomen.

Evenals bij het fantoomonderzoek werd de patiëntendata door twee nucleair geneeskundigen in samenspraak beoordeeld. De beoordeling was op deze manier niet afhankelijk van de expertise van één nucleair geneeskundige. De beelden werden beoordeeld op visuele beeldkwaliteit, waarbij de SNR, CNR en homogeniteit meewogen in de beoordeling. De score werd gedaan op basis van een 5-punts Likert-schaal, waarbij 1 slecht en 5 uitstekend is.

Om de SNR en CNR meer objectief te maken, werden deze kwantitatief gemeten. Deze metingen werden op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de fantoomstudie.

Naast de beeldkwaliteit was het belangrijk dat op de beelden een accurate klinische beoordeling gedaan kon worden. Als eerste werd een diagnose gesteld op de beelden, deze beoordeling bestond uit: geen defect, een reversibel defect, een irreversibel defect of een defect dat gedeeltelijk reversibel en gedeeltelijk irreversibel was. Ten tweede werd het totaal aantal segmenten gescoord dat het defect omvat en hoeveel segmenten hiervan reversibel en hoeveel er irreversibel waren. Als laatste werd het gebied waarin zich de segmenten van het defect bevond in het myocard gescoord. Deze gebieden werden aangeduid als anterior, antero-lateraal, infero-lateraal, inferior, infero-septaal, antero-septaal en/of apicaal. Voor de beoordeling van de beelden werd het beoordelingsformulier uit bijlage 4 gebruikt. Voorafgaand aan de beoordeling van de beelden werd het beoordelingsformulier met de nucleair geneeskundigen doorlopen, zodat deze eenduidig werd geïnterpreteerd.

Om te kunnen bepalen of de beelden overeenkwamen met de werkelijke toestand van het myocard, had het de voorkeur om angiografie als referentietest te hanteren. Angiografie wordt gezien als gouden standaard bij coronair lijden (23). Vanwege het tijdsbestek van dit onderzoek was het echter niet mogelijk om alleen patiënten te includeren die een angiografie hadden ondergaan. Dit zou geresulteerd hebben in een te kleine patiëntenpopulatie. Om die reden is gekozen om FBP als referentietest te hanteren binnen dit onderzoek vanwege de jarenlange ervaring met de MPS die gereconstrueerd waren door middel van FBP.

Analyse

De demografische gegevens van de patiënt werden beschrijvend weergegeven. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen mannen en vrouwen. Het geslacht en de manier van inspannen werden weergegeven. Tevens werd het gemiddelde en de standaard deviatie van de leeftijd, de lengte en het gewicht weergegeven. Van de toegediende dosis werd het gemiddelde, de minimale en maximale waarde weergegeven.

De beoordeling op visuele beeldkwaliteit tussen de verschillende reconstructiemethoden werd beschrijvend weergegeven. Om te bepalen of de visuele beeldkwaliteit significant verschilt tussen de reconstructiemethoden werd de Wilcoxon signed rank test gebruikt, waarbij $p \leq 0,05$ gezien werd als een significant verschil.

De kwantitatieve beoordeling van de beeldkwaliteit bestond uit de SNR en CNR. Deze werd tussen de verschillende reconstructiemethoden vergeleken en beschrijvend weergegeven. Dit werd gedaan middels het gemiddelde met de standaard deviatie bij een normaalverdeling en de mediaan met de interquartile range (IQR) bij niet normaal verdeelde data. De SNR en CNR werden eerst getoetst op normaalverdeling door middel van de Kolmogorov-Smirnov test. Indien de data normaal was verdeeld, werden zowel de SNR als de CNR getoetst met de One way gepaarde Anova. Bij een significant verschil werd de gepaarde t-toets uitgevoerd om te bepalen tussen welke groepen het verschil significant was. Indien de data niet normaal verdeeld was, werd de Friedman test gedaan. Bij het vinden van een significant verschil werd de Wilcoxon signed rank test gedaan om te bepalen tussen welke groepen het significante verschil bestond. Bij deze toetsen werd een $p \leq 0,05$ gezien als een significant verschil.

Om te bepalen of een accurate diagnose gesteld kon worden op basis van de beelden met de verschillende reconstructies werd naar drie onderdelen gekeken.

Ten eerste werd de diagnose beschrijvend weergegeven. Om te bepalen of de diagnose verschilde tussen de reconstructiemethoden werd de Wilcoxon signed rank test gebruikt, waarbij $p \leq 0,05$ wordt gezien als een significant verschil.

Ten tweede werd het totaal aantal segmenten dat het defect omvatte en hoeveel hiervan reversibel of irreversibel waren beschrijvend weergegeven. Met behulp van de Kolmogorov-Smirnov test werd bepaald of de data normaal verdeeld was. Er werd getoetst of de verschillen tussen de reconstructiemethoden significant waren bij het totale aantal segmenten, de reversibele segmenten en de irreversibele segmenten. Indien de data normaal verdeeld was, werd de gepaarde T-toets uitgevoerd. Indien de data niet normaal verdeeld was, werd de Wilcoxon signed rank test gedaan. Hierbij werd een $p \leq 0,05$ gezien als significant verschil.

Als laatste werd gekeken naar het gebied waarin de defecten zich presenteren. Dit werd beschrijvend weergegeven.

Ethische verantwoording

Binnen dit onderzoek werd gebruik gemaakt van retrospectieve data. De ruwe data van de MPS werden al eerder vervaardigd voor klinische doeleinden en niet in het kader van dit onderzoek. De patiënten werden niet blootgesteld aan een extra onderzoek en hebben geen extra stralingsdosis ontvangen. De Wet medisch wetenschappelijk onderzoek was om die reden niet van toepassing op dit onderzoek.

De MPS data werden voorafgaand aan dit onderzoek geanonimiseerd en gecodeerd zodat deze niet meer te herleiden waren naar de oorspronkelijke patiënt. Na het beëindigen van het onderzoek werd de data overgedragen aan de opdrachtgever.

Resultaten

Fantomonderzoek

De ruwe data van het fantoomonderzoek werden gereconstrueerd met verschillende combinaties van iteraties en subsets, welke zijn weergegeven in figuur 1. Twee nucleair geneeskundigen hebben in samenspraak de beelden beoordeeld, waarvan de resultaten zijn weergegeven in tabel 1. Bovendien werden de SNR en CNR berekend welke eveneens zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Overzicht van de beoordeling van de visuele beeldkwaliteit en de klinische beoordeling door de nucleair geneeskundigen en de kwantificatie van de SNR en CNR van het fantoomonderzoek zonder achtergrondactiviteit.

Reconstructie	Visuele beeldkwaliteit ¹	SNR	CNR	Aantal segmenten	
				reversibel	irreversibel
FBP	5	12,6	24,6	5	0
OSEM 2/15	4	11,4	25,5	4,5	0
OSEM 4/4	5	23,2	53,1	5,5	0
OSEM 4/6	4	21,2	42,9	4,5	0
OSEM 4/10	4	14,5	30,0	4,5	0
OSEM 6/4	4	19,4	37,7	5	0
OSEM 6/6	4	16,9	32,8	5,5	0
OSEM 6/10	5	21,6	40,3	6	0
OSEM 8/4	5	19,2	35,4	5	0
OSEM-RR 2/15	2	25,2	35,9	8,5	2
OSEM-RR 4/4	2	18,3	29,9	8,5	2
OSEM-RR 4/6	3	27,7	38,8	8	0
OSEM-RR 4/10	4	28,9	39,2	7	0
OSEM-RR 6/4	3	24,2	33,5	8,5	0
OSEM-RR 6/6	3	15,5	20,4	7,5	0
OSEM-RR 6/10	4	24,9	31,8	6	0
OSEM-RR 8/4	3	15,9	21,3	7,5	0
OSEM-RR 12/10	5	18,8	21,0	6,5	0

¹ Weergegeven in een 5-punts Likert-schaal, 1 = slecht, 2 = matig, 3 = voldoende, 4 = goed en 5 = uitstekend
SNR = signaal-ruis-verhouding, CNR = contrast-ruis-verhouding, FBP = gefilterde terugprojectie, OSEM = ordered subset expectation maximization, OSEM-RR = ordered subset expectation maximization met resolution recovery

Na berekening van de SNR en CNR werden zowel bij OSEM als bij OSEM-RR de twee reconstructies die de hoogste SNR en CNR hadden geselecteerd, mits de beoordeling op de visuele beeldkwaliteit goed of uitstekend was. Dit waren OSEM 4/4, OSEM 4/6, OSEM 6/10 en OSEM-RR 4/10. Deze reconstructies vertoonde met het aantal segmenten dat het defect omvatte, weinig verschil met de weergave van het fantoom met de reconstructie FBP. Bij OSEM-RR kwam de reconstructie met OSEM-RR 6/10 het meest overeen met de weergave van het fantoom met FBP, wat er voor zorgde dat deze reconstructie werd geselecteerd. De reconstructies waarbij de visuele beeldkwaliteit uitstekend was beoordeeld werden ook geselecteerd, namelijk de OSEM 8/4 en OSEM-RR 12/10. Het fantoom werd opnieuw gescand na toevoeging van de achtergrondactiviteit en gereconstrueerd met de hierboven geselecteerde reconstructieparameters.

De beelden van het fantoom met achtergrondactiviteit werden ook in samenspraak door twee nucleair geneeskundigen beoordeeld. De beoordelingen van deze beelden zijn weergegeven in tabel 2. Ook bij deze meting moest de visuele beoordeling goed of uitstekend zijn. Bij OSEM betekende dit dat OSEM 4/4 als enige aan deze eis voldeed. Het aantal segmenten van OSEM 4/4 was gelijk aan de weergave van de segmenten die het defect omvat in de reconstructie met FBP. Bij de reconstructie met RR had OSEM-RR 6/10 de beste beoordeling voor de visuele beeldkwaliteit en deze kwam ook het meest overeen met de reconstructie van FBP. Bij OSEM 4/4 waren de SNR en CNR lager dan bij OSEM 4/6 en OSEM 8/4, waarbij de SNR 4,2 lager en de CNR 2,6 lager was dan de hoogste waarden die gevonden werd bij OSEM 8/4. Bij OSEM-RR 6/10 lag de SNR met 5,0 lager dan van OSEM-RR 10/12 en de CNR was 5,1 lager. Hoewel de SNR en CNR bij andere reconstructieparameters hoger was, werd gekozen om OSEM 4/4 en OSEM-RR 6/10 te gebruiken voor de reconstructie van de patiëntendata, door de betere visuele beeldkwaliteit.

Tabel 2: Overzicht van de beoordeling van de visuele beeldkwaliteit en de klinische beoordeling door de nucleair geneeskundigen en de kwantificatie van de SNR en CNR van het fantoomonderzoek met achtergrondactiviteit.

Reconstructie	Visuele beeldkwaliteit ¹	SNR	CNR	Aantal segmenten	
				reversibel	irreversibel
FBP	4	23,2	39,4	3	0
OSEM 4/4	4	25,4	49,7	3	0
OSEM 4/6	3	27,2	51,9	3,5	0
OSEM 6/10	2	19,8	35,0	4,5	0
OSEM 8/4	3	29,6	52,3	3	0
OSEM-RR 4/10	4	14,5	22,6	5	0
OSEM-RR 6/10	4-5	20,1	28,3	4,5	0
OSEM-RR 12/10	4	25,1	33,4	5,5	0

¹ Weergegeven in een 5-punts Likert-schaal, 1 = slecht, 2 = matig, 3 = voldoende, 4 = goed en 5 = uitstekend
 SNR = signaal-ruis-verhouding, CNR = contrast-ruis-verhouding, FBP = gefilterde terugprojectie, OSEM = ordered subset expectation maximization, OSEM-RR = ordered subset expectation maximization met resolution recovery

Onderzoekspopulatie

In januari 2016 ondergingen 69 patiënten een MPS onderzoek. Van negen patiënten was geen gated opname beschikbaar, waardoor deze werden geëxcludeerd. Drie patiënten werden geëxcludeerd doordat de armen langs het lichaam lagen tijdens de scan. Uiteindelijk resulteerde dit in 57 patiënten die werden geïncludeerd voor dit onderzoek. Een overzicht van de kenmerken van de onderzoekspopulatie is weergegeven in tabel 3.

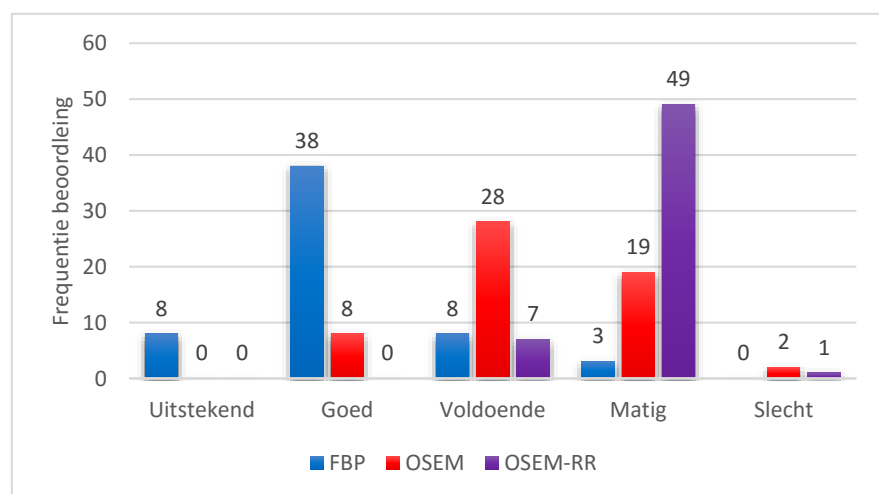
Tabel 3: Demografische gegevens van patiëntenpopulatie

	Man (n = 34)	Vrouw (n = 23)	Totaal (n = 57)
Gemiddelde leeftijd in jaren ($\pm$SD)	63,5 ($\pm$ 11,2)	65,9 ($\pm$ 10,4)	64,4 ($\pm$ 10,8)
Gemiddelde lengte in cm ($\pm$SD)	176,6 ($\pm$ 8,0)	161,4 ($\pm$ 5,6)	170,4 ($\pm$ 10,2)
Gemiddeld gewicht in kg ($\pm$SD)	86,1 ($\pm$ 15,9)	71,9 ($\pm$ 12,6)	80,4 ($\pm$ 16,2)
Gemiddelde toegediende dosis in MBq (min-max)			
Stress	451,4 (415-491)	443,7 (410-492)	448,3 (410-492)
Rest-gated	456,1 (424-494)	448,6 (420-492)	453,0 (420-494)
Manier van inspannen			
Fysiologisch (%)	15 (44,1%)	3 (13,0%)	18 (100%)
Farmacologisch (%)	19 (55,9%)	20 (86,0%)	39 (100%)

De onderzoekspopulatie bestond uit 34 (59,6%) mannen en 23 (40,4%) vrouwen. De gemiddelde leeftijd tussen mannen en vrouwen lag met een verschil van 2,4 jaar dicht bij elkaar. De mannen waren gemiddeld 15,2 cm langer en gemiddeld 14,2 kg zwaarder dan de vrouwen. De gemiddelde dosis die werd toegediend bij de stress en de rust-gated opnamen waren binnen de marge van 10% tussen de bestelde en de ontvangen dosis. De fysiologische inspanningstest werd vaker door mannen ondergaan dan door vrouwen, respectievelijk 44,1% en 13,0%. Terwijl de farmacologische inspanning vaker door vrouwen werd ondergaan dan door mannen, respectievelijk 86,0% en 55,9%.

Visuele beeldkwaliteit

De visuele beeldkwaliteit werd door twee nucleair geneeskundigen in samenspraak beoordeeld, waarbij de beelden waren geblindeerd op de reconstructiemethode en de klinische gegevens van de patiënt. De reconstructie met FBP scoorde bij 45 patiënten beter dan OSEM en bij 54 patiënten beter dan OSEM-RR. Uit de Wilcoxon signed rank test bleek dat FBP significant beter scoorde dan OSEM ($Z = -6.029$, $p = 0,000$) en dan OSEM-RR ($Z = -6.616$, $p = 0,000$). In figuur 2 zijn de scores van de beoordeling op de visuele beeldkwaliteit uiteengezet per reconstructiemethode. Op basis van de visuele beoordeling van de beeldkwaliteit door de nucleair geneeskundigen bleek dat FBP significant beter scoorde dan OSEM en OSEM-RR.

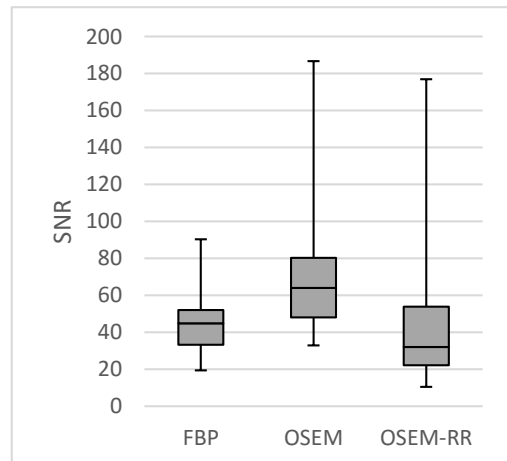


Figuur 2: Score van de visuele beoordeling van de visuele beeldkwaliteit uit gezet per reconstructiemethode.

SNR en CNR

De kwantitatieve beoordeling van de beeldkwaliteit bestond uit het bepalen van de SNR en CNR voor alle drie de reconstructies. Op basis van de Kolmogorov-Smirnov normaliteitstest bleek dat van alle SNR en CNR data, alleen de SNR bij de reconstructie met FBP normaal was verdeeld ($p = 0,20$). Aangezien de data waarmee de SNR van FBP werd vergeleken niet normaal verdeeld was, werden hiervoor niet-parametrische testen gebruikt.

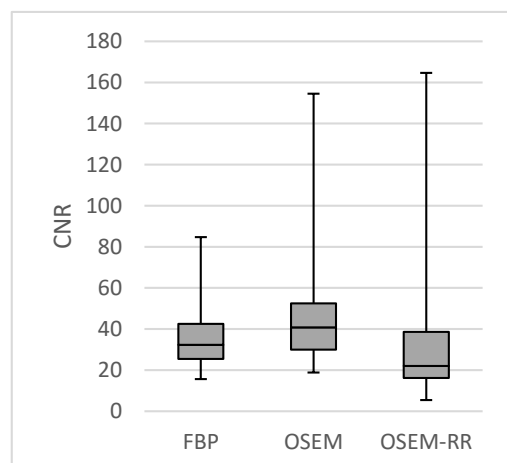
Eerst werd de SNR tussen de drie reconstructiemethoden vergeleken. Uit de Friedmanstest bleek tussen de reconstructiemethoden een significant ($\chi^2 = 40,246$, $p = 0,000$) verschil te bestaan. Uit de Wilcoxon signed rank test bleek dat zowel het verschil tussen OSEM en FBP significant ($Z = -6,082$, $p = 0,000$) was, als het verschil tussen OSEM en OSEM-RR ($Z = -4,485$, $p = 0,000$). Het verschil tussen FBP en OSEM-RR was niet significant ($Z = -1,347$, $p = 0,178$) verschillend. De reconstructie met OSEM scoorde bij 53 patiënten hoger dan FBP en bij 43 patiënten hoger dan OSEM-RR. Dit werd tevens duidelijk in de mediaan (IQR) die bij OSEM 64,0 (32,2), bij FBP 44,9



Figuur 3: Weergave van de mediaan en de IQR van de SNR per reconstructiemethode

(18,7) en bij OSEM-RR 32,1 (31,7) betrof en is weergegeven in figuur 3. Uit deze resultaten bleek dat de SNR van OSEM significant beter scoorde dan FBP en OSEM-RR.

Vervolgens werd de CNR tussen de drie reconstructiemethoden vergeleken. Uit de Friedmanstest bleek dat er een significant verschil ($\chi^2 = 23,193$, $p = 0,000$) was tussen de reconstructiemethoden. De reconstructie met OSEM scoorde bij 46 patiënten hoger dan FBP en bij 40 patiënten hoger dan OSEM-RR. Dit werd tevens duidelijk in de mediaan (IQR) die bij OSEM 40,8 (22,5), bij FBP 32,3 (17,1) en bij OSEM-RR 22,0 (22,4) betrof en zijn weergegeven in figuur 4. De Wilcoxon signed rank test liet zien dat het verschil met FBP significant ($Z = -0,557$, $p = 0,000$) was, evenals het verschil met OSEM-RR ($Z = -3,0031$, $p = 0,002$). Het verschil tussen de

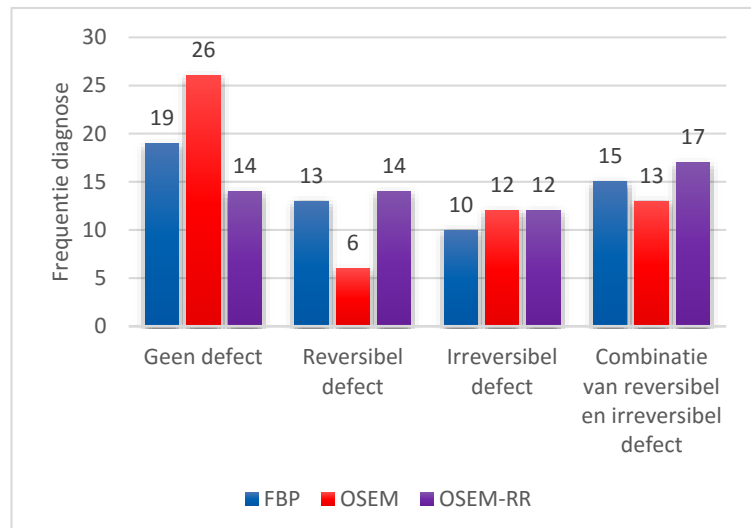


Figuur 4: Weergave van de mediaan en de IQR van de CNR per reconstructiemethode

reconstructie met FBP en OSEM-RR was niet significant ($Z = -1,307$, $p = 0,191$), waarbij FBP bij 37 patiënten hoger scoorde dan bij OSEM-RR. Op basis van de CNR kwantificatie bleek dat de reconstructie met OSEM significant hoger scoorde dan FBP en OSEM-RR.

Klinische beoordeling

Bij het onderzoek naar het stellen van een accurate klinische beoordeling werd gekeken naar de diagnose op basis van de gereconstrueerde beelden. In figuur 5 is weergegeven dat er op basis van de drie reconstructiemethoden, verschillende diagnoses zijn gesteld. De diagnose kwam bij FBP en OSEM bij 42 patiënten overeen. Bij OSEM werd de diagnose “geen defect” bij 7 patiënten meer gesteld en de diagnose “reversibel defect” werd bij 7



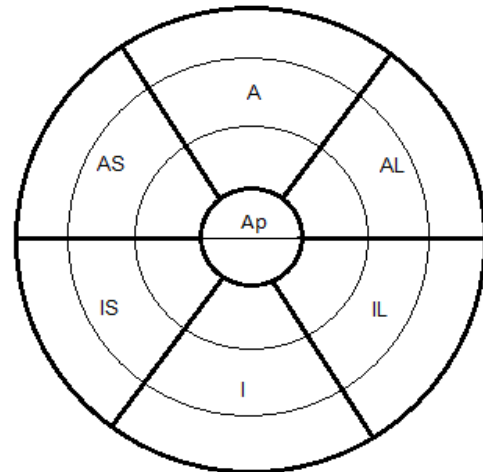
Figuur 3: Overzicht van de gestelde diagnose uitgezet per reconstructiemethode

patiënten minder gesteld vergeleken met FBP. De diagnose “irreversibel defect” werd ten opzichte van FBP bij 2 patiënten vaker gesteld en de “combinatie van een reversibel en irreversibel defect” werd bij 2 patiënten minder gesteld. Uit de Wilcoxon signed rank test bleek dat deze verschillen niet significant ($Z = -1,414$, $p = 0,157$) waren. Tussen FBP en OSEM-RR kwam de diagnose bij 34 patiënten overeen. De diagnose “geen defect” werd bij OSEM-RR bij 5 patiënten minder gesteld dan bij FBP. De diagnose “reversibel defect” werd bij 1 patiënt meer gesteld. De diagnose “irreversibel defect” en de diagnose “combinatie van een reversibel en irreversibel defect” werd bij 2 patiënten meer gesteld bij OSEM-RR dan bij FBP. Uit de Wilcoxon signed rank test bleek dat deze verschillen niet significant ($Z = -1,502$, $p = 0,133$) waren. Op basis van de resultaten bleek dat de diagnose niet leidde tot statistisch significante verschillen in de klinische beoordeling.

Naast de diagnose, werd het aantal segmenten wat het defect bevatte uitgezet per reconstructiemethode. Het totaal aantal segmenten dat het defect omvatte kwam tussen de reconstructie met FBP en OSEM bij 30 patiënten overeen. Bij het aantal reversibele defecten kwam dit bij 37 patiënten overeen en bij het aantal irreversibele defecten kwam het bij 38 patiënten overeen. Met de Kolmogorov-Smirnov normaliteitstest is bepaald dat alle data niet normaal verdeeld was ($p = 0,000$). Uit de Wilcoxon signed rank test bleek dat de verschillen tussen FBP en OSEM significant van elkaar verschilden, zowel bij het totaal aantal segmenten ($Z = -2,858$, $p = 0,004$), als bij de reversibele segmenten ($Z = -2,874$, $p = 0,004$). Er was geen significant ($Z = -0,426$, $p = 0,670$) verschil tussen het aantal irreversibele segmenten bij de reconstructie met FBP en OSEM.

Het totaal aantal segmenten van het defect werd ook vergeleken tussen FBP en OSEM-RR, dit kwam bij 20 patiënten overeen. Bij de reversibele segmenten kwam dit bij 27 patiënten overeen en bij de irreversibele segmenten bij 33 patiënten. Uit de Wilcoxon signed rank test bleek dat tussen de reconstructie met FBP en OSEM-RR het aantal segmenten statistisch significant verschillend waren bij het totaal aantal segmenten ($Z = -3,626$, $p = 0,000$), het aantal reversibele segmenten ($Z = -2,079$, $p =$

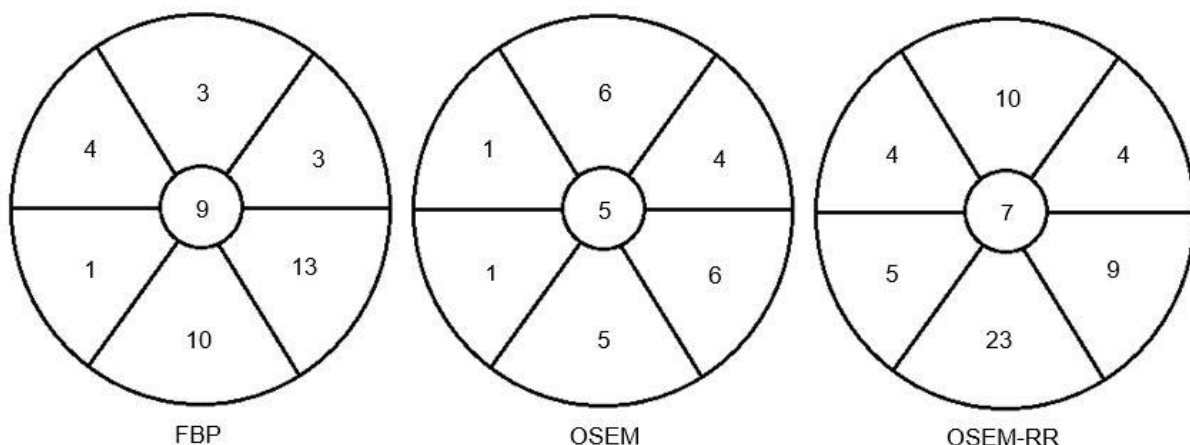
0,038) en het aantal irreversibele segmenten ($Z = -2,737$, $p = 0,006$). Op het aantal irreversibele segmenten dat vergeleken is tussen de reconstructie met FBP en OSEM na, zijn de verschillen statistisch significant. Het gebruik van een andere reconstructiemethode kan door de verschillen in het aantal segmenten dat het defect omvat, zorgen voor een ander behandelbeleid bij de individuele patiënt.



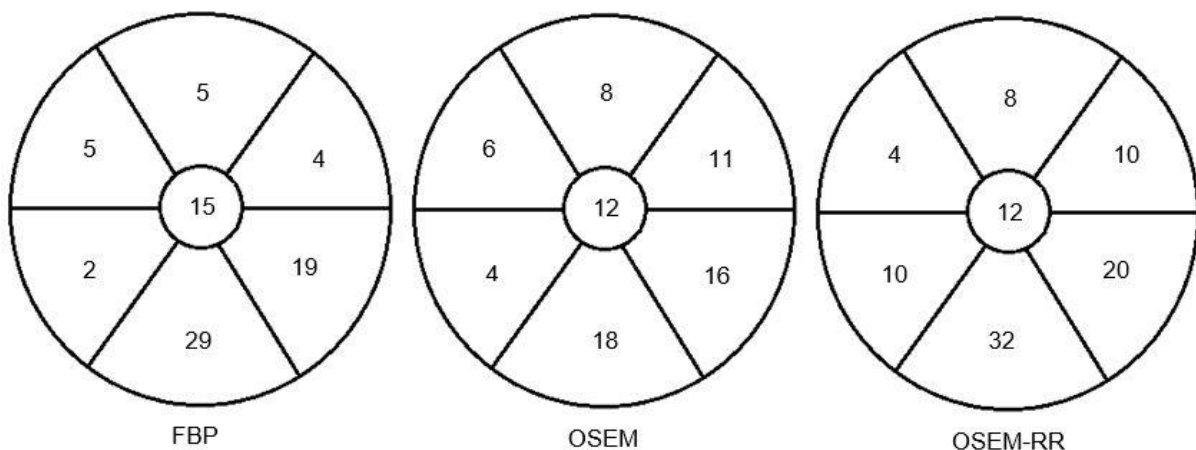
Figuur 4: Weergave van de verdeling van de segmenten (dunne lijnen) en de gebieden (dikke lijnen) over het myocard

A = anterior, AL = antero-lateraal, IL = infero-lateraal, I = inferior, IS = infero-septaal, AS = antero-septaal en Ap = apicaal

Als laatste werd gekeken naar de verschillen in locatie van de defecten tussen de drie reconstructiemethoden. Deze werden onderverdeeld in de gebieden anterior, antero-lateraal, infero-lateraal, inferior, infero-septaal, antero-septaal of apicaal, zoals weergegeven in figuur 6. Van alle patiënten werd het aantal segmenten per gebied opgeteld. Deze cumulatieve waarden werden voor de reversibele segmenten weergegeven in figuur 7 en voor de irreversibele segmenten in figuur 8.



Figuur 7: Verdeling van het aantal reversibele segmenten over de verschillende gebieden van het myocard



Figuur 8: Verdeling van het aantal irreversibele segmenten over de verschillende gebieden van het myocard

De grootste verschillen presenteerden zich zowel bij de reversibele als bij de irreversibele segmenten in de inferior wand. Bij de reversibele gebieden werden bij OSEM 5 segmenten minder waargenomen dan bij FBP, terwijl bij OSEM-RR 13 segmenten meer werden waargenomen dan bij FBP. Bij het irreversibele gebied in de inferior wand werd bij OSEM 9 segmenten minder waargenomen dan bij FBP en werd bij OSEM-RR 3 segmenten meer waargenomen. De kleinste verschillen werden zowel bij de reversibele als bij de irreversibele gebieden gezien in de antero-septale wand. Bij de reversibele gebieden werden bij FBP en OSEM-RR 3 segmenten meer waargenomen dan bij OSEM. Bij de irreversibele gebieden werd in de antero-septale wand bij OSEM 1 segment meer waargenomen dan bij FBP en bij OSEM-RR 1 segment minder dan bij FBP. In figuur 7 en 8 is te zien dat de gebieden waarin de defecten werden waargenomen niet geheel overeenkwamen tussen de verschillende reconstructiemethoden.

Op basis van de gestelde diagnose werd geen significant verschil gevonden tussen de reconstructiemethoden. Bij het aantal segmenten dat het segment omvatte werden wel significante verschillen gevonden en bij het gebied waarin zich de defecten presenteerden kwamen niet geheel overeen. Hieruit bleek dat de gekozen reconstructiemethode mogelijk invloed heeft op de klinische beoordeling en mogelijk op het behandelbeleid van de klinische patiënt.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was om te bepalen of de beeldkwaliteit bij MPS met OSEM, met en zonder RR, verbetert ten opzichte van FBP met behoud van de mogelijkheid om een accurate klinische beoordeling te kunnen geven.

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt de visueel beoordeelde beeldkwaliteit bij FBP beter scoort dan bij OSEM en OSEM-RR. Met betrekking tot de kwantitatieve beoordeling middels de SNR en CNR heeft de reconstructie met OSEM het beste gescoord. Tenslotte blijkt uit deze studie dat mogelijk de klinische beoordeling voor de individuele patiënt kan veranderen indien er wordt gewisseld van reconstructiemethode.

Bij het fantoomonderzoek zijn de reconstructieparameters van OSEM 4/4 en OSEM-RR 6/10 als beste beoordeeld en gebruikt voor het reconstrueren van de patiëntendata. Het is opvallend dat deze parameters niet overeenkomen met de aanbevolen parameters van beide fabrikanten, namelijk OSEM 4/6 en OSEM-RR 12/10. Mogelijk kan de oorzaak hiervan liggen in de acquisitieparameters die worden gebruikt in het MMC. Deze zijn geoptimaliseerd voor de apparatuur binnen het MMC, waardoor de ruwe data anders kan zijn dan de ruwe data die de fabrikant gebruikt. Tevens zou er een oorzaak kunnen liggen in de fantoomopstelling. Met behulp van het Cardiac Insert™ fantoom is onderzoek gedaan naar de optimale parameters. De werkelijkheid is met dit fantoom zoveel mogelijk nagebootst, maar deze kon niet helemaal worden geëvenaard. Het is onbekend of de dichtheid van de aangebrachte defecten overeenkomt met de dichtheid van occlusies in de coronair arteriën. Bovendien is de storende activiteit die zich in het maag/darm kanaal kan bevinden niet meegenomen in het fantoom, evenals de verzwakking van de patiënt. Ondanks de beperkingen in het fantoomonderzoek heeft dit het patiëntenonderzoek wel betrouwbaarder en meer valide gemaakt. De reconstructieparameters zijn door het fantoomonderzoek geoptimaliseerd voor het onderzoeksprotocol en de apparatuur die in het MMC wordt gebruikt.

Na het fantoomonderzoek zijn met behulp van de gekozen reconstructieparameters drie verschillende reconstructies gemaakt van 57 patiëntendatasets. De visuele beeldkwaliteit was door twee nucleair geneeskundigen in samenspraak beoordeeld, waardoor gebruik gemaakt werd van de expertise van beiden. In de beoordeling van de visuele beeldkwaliteit, scoort FBP significant beter dan OSEM en OSEM-RR. In het onderzoek van A. Seret et al. (16) blijkt echter dat OSEM een betere visuele beeldkwaliteit oplevert dan FBP. In het onderzoek van A.H. Vija et al. (24) blijkt dat de beeldkwaliteit van OSEM met RR vergeleken met andere reconstructiemethoden beter is. Het verschil tussen de resultaten van dit onderzoek en de literatuur met betrekking tot de visuele beeldkwaliteit kan mogelijk verklaard worden door de ervaring van de nucleair geneeskundigen. Door hun jarenlange ervaring met beelden die gereconstrueerd zijn met FBP zou het mogelijk kunnen zijn dat deze beelden hun referentiekader geworden is, en dus als beste worden beoordeeld. OSEM-RR is door de nucleair geneeskundigen significant slechter gescoord dan FBP. Een mogelijke oorzaak hiervan is dat de resolutie van de beelden die met OSEM-RR zijn gereconstrueerd. In vergelijking met FBP en OSEM

moest een grotere zoom-factor worden gebruikt bij OSEM-RR. Voor de verschillen in resolutie is geen verklaring gevonden. Het gebruik van een grotere zoom-factor heeft een negatieve invloed gehad op de visuele beeldkwaliteit en daarbij mogelijk invloed op de betrouwbaarheid van score van de nucleair geneeskundigen bij de reconstructie met behulp van OSEM-RR.

De berekening van de SNR en CNR laat zien dat, zowel de SNR als de CNR bij OSEM beter scoort dan bij FBP en OSEM-RR. Dit komt overeen met sommige literatuur waaruit blijkt dat bij FBP het aanwezige ruis wordt versterkt, waardoor de SNR en CNR af zullen nemen (7). Ook uit het onderzoek van B.F. Hutton et al. (18) blijkt een reductie van de ruis bij OSEM, vooral in gebieden met een lage telstatistiek, wat de SNR en CNR ten goede komt. Echter in het onderzoek van O. Zoccarato et al. (25) is er geen statistisch significant verschil gevonden tussen de CNR bij FBP en OSEM. Uit de literatuur blijkt dat de ruis verder wordt gereduceerd door gebruik van RR (7, 18). Dit komt echter niet overeen met dit onderzoek, waarin de mediaan van FBP bij de SNR 12,8 hoger en bij de CNR was de mediaan 10,3 hoger dan bij OSEM-RR. Dit verschil is niet significant. Een mogelijke oorzaak hiervan is de hierboven beschreven resolutie van de beelden die met OSEM-RR zijn gereconstrueerd. Het noodzakelijke gebruik van de grotere zoom-factor heeft mogelijk negatieve invloed op de betrouwbaarheid van de metingen in de ruwe data van de OSEM-RR reconstructie.

Vervolgens is bepaald of op basis van de beelden bij de verschillende reconstructies een accurate klinische beoordeling kan worden bepaald. Hierin is de diagnose die wordt gesteld op basis van de beelden niet significant verschillend. Dit komt overeen met het onderzoek van K. Kedziora et al. (8) waaruit blijkt dat de sensitiviteit om defecten in de perfusie te ontdekken niet veranderd tussen de verschillende reconstructiemethoden. Echter het aantal segmenten dat het defect omvat is in dit onderzoek wel significant verschillend tussen de verschillende reconstructiemethoden. Dit verschil zou klinische gevolgen kunnen hebben doordat een defect klinisch relevant is als het drie segmenten omvat (3). Op deze manier zou het kunnen zijn dat het defect groter of kleiner wordt beoordeeld dan dat deze in werkelijkheid is en zou dit klinische gevolgen kunnen hebben. Ook zijn er verschillen te zien in het gebied waar het defect werd waargenomen. Op basis van deze bevindingen hoeft de diagnose voor de individuele patiënt niet te veranderen, maar het is niet uitgesloten dat het behandelbeleid op basis van het aantal segmenten dat het defect omvat veranderd.

Het onderzoek kent een aantal sterke punten. Er is een fantoomonderzoek uitgevoerd om de meest optimale reconstructieparameters vast te stellen. Dit is gedaan op basis van een combinatie van een visuele en kwantitatieve meting. Dit is van grote waarde aangezien ook uit het onderzoek van P.P. de Barros et al. (21) blijkt dat de reconstructieparameters een belangrijke rol spelen in de diagnostische kwaliteit, het vaststellen van de diagnose en het bepalen van de behandeling voor de patiënt. Door het uitvoeren van het fantoomonderzoek zijn de reconstructieparameters geoptimaliseerd voor het onderzoeksprotocol en de apparatuur van het MMC.

Bij het patiëntenonderzoek is de betrouwbaarheid van de visuele beoordeling vergroot door de expertise van twee nucleaire geneeskundigen te gebruiken. De beelden zijn willekeurig genummerd en

geblindeerd voor de reconstructiemethode en de klinische gegevens. Op deze manier is de objectiviteit van de nucleair geneeskundigen vergroot. Bovendien wordt de visuele beoordeling ondersteund door de kwantitatieve meting van de SNR en CNR. Dit zorgt voor een gestandaardiseerde objectieve, en daardoor meer betrouwbare en meer valide weergave van de beeldkwaliteit.

Naast deze sterke punten kent het onderzoek ook een aantal beperkingen. Voor de berekening van de SNR en CNR is de informatie gebruikt uit de ROI's die handmatig op de ruwe data van elke reconstructie is ingetekend. Het was meer valide geweest, indien het mogelijk was om deze ROI's elke keer te kunnen kopiëren zodat deze uniform waren qua plaatsing en qua grootte. Om de validiteit zo groot mogelijk te houden zijn de ROI's door één persoon getekend, op één dag, is gelet op de uniforme plaatsing van de ROI's en is de grootte van de ROI's door middel van het aflezen van het aantal pixels zo uniform mogelijk gehouden. Op deze manier heeft dit waarschijnlijk weinig invloed op de validiteit en betrouwbaarheid van het onderzoek.

Wat betreft de klinische beoordeling, is het niet mogelijk geweest om te bepalen welke reconstructiemethode het meest overeenkomt met de werkelijke toestand van het myocard. In dit onderzoek is hiervoor FBP als referentie gebruikt, maar het zou meer valide zijn de resultaten te kunnen vergelijken aan de gouden standaard, coronair angiografie (23).

Op basis van de onderzoeksresultaten kunnen een paar aanbevelingen worden gedaan. Een aanbeveling is om voordat OSEM wordt geïmplementeerd in de praktijk verder onderzoek te doen naar de betrouwbaarheid van de weergave van het aantal segmenten wat het defect omvat en het gebied waarin zich dit bevindt. Het is belangrijk om in het vervolgonderzoek deze gegevens te koppelen aan de gouden standaard. Op deze manier kan een betrouwbaardere uitspraak worden gedaan over de accuraatheid van de klinische beoordeling en welke gevolgen dit heeft voor het behandelbeleid. Hiernaast is het aan te bevelen om de nucleair geneeskundigen ervaring op te laten doen met de beelden die gereconstrueerd zijn met OSEM. Op deze manier raken ze aan deze beelden gewend en is het mogelijk dat de visuele beoordelingen dichter bij elkaar komen te liggen.

Conclusie

Op basis van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat de visuele beoordeling van de beeldkwaliteit niet overeenkomt met de kwantitatieve beoordeling door middel van de SNR en CNR. Bij de visuele beoordeling wordt FBP als beste beoordeeld, terwijl dit bij de SNR en CNR OSEM is. Het is mogelijk dat de visuele beoordeling is vertekend doordat de twee nucleair geneeskundigen jarenlange ervaring hebben met het beoordelen van MPS die is gereconstrueerd met FBP.

Tevens kan worden geconcludeerd dat de diagnose die wordt gesteld niet significant veranderd, maar het aantal segmenten dat het defect omvat wel. Mogelijk heeft dit invloed op het behandelbeleid, waardoor eerst onderzoek gedaan moet worden waarbij de gouden standaard wordt meegenomen, alvorens de reconstructiemethode te veranderen in de klinische praktijk. Hiernaast is het aan te bevelen om de nucleair geneeskundigen ervaring op te laten doen met de beelden die zijn gereconstrueerd met OSEM.

Literatuur

1. CBS Doodsoorzakenstatistiek juli 2015 [10-11-2015]. Available from: http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7052_95&D1=0,42-48&D2=a&D3=0&D4=63-64&HDR=G2,G1,G3&STB=T&VW=T.
2. Merck Manual Medisch handboek - Hart en bloedvaten, Coronaire hartziekte. Available from: <http://www.merckmanual.nl/mmhenl/sec03/ch033/ch033a.html>.
3. Commissie Kwaliteitsbevordering. Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde. Neer: Kloosterhof acquisitie services; 2007. p. 120-4.
4. Wat zijn coronaire hartziekten en wat is het beloop? mei 2016 [30-05-2016]. Available from: <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/hartvaatstelsel/coronaire-hartziekten/ziektebeeld/>.
5. Wat zijn de mogelijkheden voor diagnostiek en behandeling van coronaire hartziekten? april 2016 [24-04-2016]. Available from: <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/hartvaatstelsel/coronaire-hartziekten/diagnostiek-behandeling/>.
6. Heo R, Nakazato R, Kalra D, Min JK. Noninvasive Imaging in Coronary Artery Disease. Seminars in Nuclear Medicine. 2014;44(5):398-409.
7. Broek van den W, Barneveld P, Bruin N, Lemstra C. Nucleaire geneeskunde. Amsterdam: Reed business education; 2014.
8. Kedziora K, Lass P. Does quantification of myocardial perfusion SPECT study differ while image reconstruction is carried out using iteration algorithm instead of filtered back-projection?--preliminary report. Nuclear medicine review Central & Eastern Europe. 2001;4(2):93-6.
9. Enevoldsen LH, Menashi CA, Andersen UB, Jensen LT, Henriksen OM. Effects of acquisition time and reconstruction algorithm on image quality, quantitative parameters, and clinical interpretation of myocardial perfusion imaging. Journal of nuclear cardiology : official publication of the American Society of Nuclear Cardiology. 2013;20(6):1086-92.
10. Gruning T, Jones IW, Heales JC. Efficacy of various SPECT reconstruction algorithms in differentiating bowel uptake from inferior wall uptake in myocardial perfusion scans. Nuclear medicine communications. 2013;34(2):113-6.

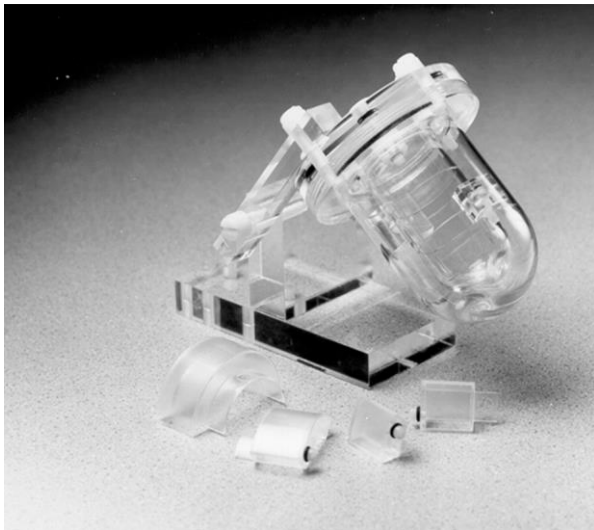
11. Máxima Medisch Centrum. Nuc, Hart en bloedvaten, myocardperfusiescintigrafie met inspanningsprovocatie (fietsergometrie), onderzoeksprotocol. 2015.
12. Máxima Medisch Centrum. Nuc, Hart en bloedvaten, Myocardperfusiescintigrafie met adenosine provocatie, onderzoeksprotocol. 2015.
13. D.R. Dance et al. Diagnostic radiology physics. IAEA; 2014.
14. J.T. Bushberg et al. The essential physics of medical imaging. Wolters-Kluwer; 2012. p. 91.
15. Oppelt A, et al. Imaging systems for medical diagnostics: fundamentals, technical solutions and applications for systems applying ionizing radiation, nuclear magnetic resonance and ultrasound: John Wiley & Sons; 2011.
16. Seret A, Forthomme J. Comparison of different types of commercial filtered backprojection and ordered-subset expectation maximization SPECT reconstruction software. Journal of nuclear medicine technology. 2009;37(3):179-87.
17. Duarte DD, Monteiro MS, El Hakmaoui F, Prior JO, Vieira L, Pires-Jorge JA. Influence of reconstruction parameters during filtered backprojection and ordered-subset expectation maximization in the measurement of the left-ventricular volumes and function during gated SPECT. Journal of nuclear medicine technology. 2012;40(1):29-36.
18. Hutton BF, Nuyts J, Zaida H. Iterative reconstruction methods. Quantative Analysis in Nuclear Medicine Imaging. New York: Springer Science + Business Media; 2006. p. 107-40.
19. Modi BN, Brown JL, Kumar G, Driver RM, Kelion AD, Peters AM, et al. A qualitative and quantitative assessment of the impact of three processing algorithms with halving of study count statistics in myocardial perfusion imaging: filtered backprojection, maximal likelihood expectation maximisation and ordered subset expectation maximisation with resolution recovery. Journal of nuclear cardiology : official publication of the American Society of Nuclear Cardiology. 2012;19(5):945-57.
20. MYOVIEW 230 microgram kit voor radiofarmaceutisch preparaat. 5,2 Farmacokinetische eigenschappen2010.
21. de Barros PP, Metello LF, Camozzato TS, Vieira DM. Optimization of OSEM parameters in myocardial perfusion imaging reconstruction as a function of body mass index: a clinical approach. Radiologia brasileira. 2015;48(5):305-13.

22. Leppo JA. Dipyridamole myocardial perfusion imaging. *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine*. 1994;35(4):730-3.
23. Ohba T, Takano H, Kunimi T, Fujita N, Kodani E, Mizuno K. Direct comparison between pharmacological stress with adenosine triphosphate disodium and exercise stress myocardial perfusion imagings. *Journal of cardiology*. 2008;52(1):30-8.
24. Vija AH, Hawman EG, Engdahl JC, editors. Analysis of a SPECT OSEM reconstruction method with 3D beam modeling and optional attenuation correction: phantom studies. *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2003 IEEE; 2003 19-25 Oct. 2003*.
25. Zoccarato O, Scabbio C, De Ponti E, Matheoud R, Leva L, Morzenti S, et al. Comparative analysis of iterative reconstruction algorithms with resolution recovery for cardiac SPECT studies. A multi-center phantom study. *J Nucl Cardiol*. 2014;21(1):135-48.

Bijlagen

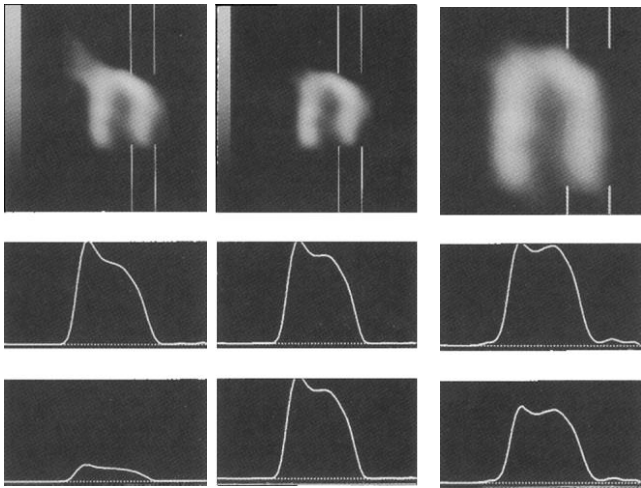
Bijlage 1 - Cardiac Insert™	II
Bijlage 2 - Protocol myocardperfusiescintigrafie met fysiologische inspanning.....	III
Bijlage 3 - Protocol myocardperfusiescintigrafie met farmacologische inspanning.....	XI
Bijlage 4 - Beoordelingsformulier myocardperfusiescintigrafie.....	XX

Cardiac Insert™



Cardiac Insert with Fillable Defects Set

SPECT scans with Cardiac Insert



No Attenuation
Correction

Uniform
Attenuation Map

Non-Uniform
Attenuation Map

Cardiac Insert™ with Solid/Fillable Defect Set
Model ECT/CAR/I

Main Features:

Designed to be used with the various Data Spectrum circular and elliptical cylinders, the Elliptical Lung-Spine Body Phantom™ and the Anthropomorphic Torso Phantom™
Simulates normal and abnormal myocardial uptake and radioactivity in left ventricular chamber
Solid inserts simulate transmural and non- transmural cold abnormalities
Fillable inserts can be used to simulate transmural and non-transmural cold or hot abnormalities

Main Applications:

Evaluation of cardiac ECT data acquisition and reconstruction methods
Quantitative evaluation of non-uniform attenuation and scatter compensation methods

Research

Specifications:

- Cardiac Insert
“Ventricle” overall length: 9.3 cm
“Ventricle” overall diameter: 6.1 cm
“Myocardium” thickness: 1.0 cm
“Myocardium” volume: ~ 110 mL
“Ventricle” volume: ~ 60 mL
Solid Defect Set
1. 60° x 2 cm
2. 45° x 1.5 cm
3. 60° x 2 cm, with 5 mm wall thickness (non-transmural defect)
Fillable Defect Set
1. 180° x 2 cm..... ~ 13 mL
2. 90° x 2 cm~ 5.4 mL
3. 45° x 2 cm ~3.8 mL
4. 45° x 2 cm, with 5 mm thick chamber*~ 1.4 mL

* Only the outer half of the 4th defect (non-transmural) is fillable. Each insert can be installed individually

Bijlage 2 - Protocol myocardperfusiescintigrafie met fysiologische inspanning

Trefwoorden

Myocardperfusiescintigrafie

Myocardscintigrafie

Myocardscan

Hartscan

Myoview

Tetrofosmine

MUGA.

Titel document

Nuc, Hart en bloedvaten, Myocardperfusiescintigrafie met inspanningsprovocatie (fietsergometrie), onderzoeksprotocol

Doel

Het afbeelden van de perfusie en functie van de linkerventrikel van het hart met behulp van een fietstest.

Doelgroep / toepassingsgebied

- Medisch nucleair werkers (MNW)
- Nucleair geneeskundigen (NG)
- Arts- assistent cardiologie, cardioloog
- Hartfunctie laborant

Voorbehouden of risicovolle handeling

Het toedienen van een (radio-)farmacon en evt. inbrengen van een venflon (infuus) is een voorbehouden handeling welke in opdracht van een NG door een gediplomeerd MNW worden uitgevoerd.: Kwaliteitshandboek nucleaire geneeskunde, werkinstructie intraveneuze medicatietoediening

Opmerkingen

Het onderzoek wordt alleen uitgevoerd op de locatie Veldhoven.

Principe

- Afbeelding van het myocard na intraveneuze injectie van ^{99m}Tc -tetrofosmine. In het MMC worden meerdere soorten stresstesten toegepast, dit protocol beschrijft de ergometrietest (fietstest).
- Er wordt gezocht naar regionale doorbloedingsverschillen die uitsluitend of het meest uitgesproken bij inspanning aanwezig zijn. Hiertoe wordt het onderzoek zowel bij inspanning als in rust uitgevoerd met een 2-daags protocol. De patiënt krijgt dan op twee afzonderlijke dagen het onderzoek voor beoordeling van de regionale doorbloeding tijdens stress en in rust. Bij uitzondering en in overleg met de nucleair geneeskundige wordt het onderzoek op één dag uitgevoerd. De volgorde stress/rest wordt ook in overleg bepaald. Tussen de onderzoeken zit een periode van ongeveer 4 uur. De dosis wordt aangepast.

Stralingshygiënische aspecten

- Indien patiënte (mogelijk) zwanger is kan het onderzoek in principe geen doorgang vinden tenzij goedgekeurd door de NG en vastgelegd in de autorisatie.
- Voor vrouwen die borstvoeding geven geldt dat zij die 24 uur moet staken.

Gemiddelde duur

- De duur van het onderzoek is voor de provocatietest en scan 1½ a 2 uur, inclusief wachttijd (30 a 40 minuten)
- Het rustonderzoek duurt 1 a 1½ uur (ook incl. wachttijd)

Indicaties

Aantonen of uitsluiten ischemie bij coronaire hartziekten (CAD)

- Patiënten met een lage waarschijnlijkheidsgraad op het bestaan van CAD, maar met een positief inspannings-ECG (X-ECG)
- Patiënten met een hoge waarschijnlijkheidsgraad op het bestaan van CAD, maar met een negatief X-ECG
- Niet-diagnostisch X-ECG (LVH, repolarisatiestoornis in rust)

Bepaling van de functionele betekenis van bekende CAD:

- Beoordeling van ernst, uitgebreidheid en lokalisatie van ischaemie bij de besluitvorming over verdere diagnostiek (angiografie) en behandeling, zoals revascularisatie d.m.v. percutane transluminale coronaire angioplastiek (PTCA) of coronary artery bypass graft (CABG)
- Functionele bijdrage van collateralen

Na doorgemaakt myocardinfarct:

- Beoordeling van de grootte van het infarct, evt. restischemie en kenmerken van ernstige en uitgebreide coronairsclerose in het kader van prognose
- Detectie van ischemie als oorzaak van ritmestoornissen na doorgemaakt myocardinfarct

Evaluatie van de effectiviteit van een ingestelde therapie:

- Recidief klachten of persisteren van klachten na revascularisatie van het myocard

Contra-indicaties

Absolute contra-indicaties:

- (ongecontroleerde) instabiele AP (angina pectoris)
- recent myocardinfarct (< 4 dagen)
- levensbedreigende aritmie, hypertensie (> 200/120 mm Hg)
- groot aneurysma aortae

- zwangerschap en borstvoeding (zie ook opmerkingen)

Relatieve contra-indicaties:

- ernstige aortastenose en alle andere factoren die het behalen van voldoende hartfrequentie in de weg staan

Gegevens bij aanvraag

De NG controleert het volledig ingevuld aanvraagformulier en autoriseert voordat het onderzoek plaatsvindt.

- Duidelijke omschrijving van de indicatie
- Klachtenpatroon
- Evt. resultaten van X-ECG, coronairangiografie, PTCA of myocardrevascularisatie
- Fysieke belastbaarheid (is patiënt in staat om te fietsen?). Is er sprake van COPD?
- Gebruikte medicatie en toestemming van de aanvragend specialist om deze, waar nodig, te staken. Hierbij gaat het om medicamenten, die het bereiken van een adequate hartfrequentie verhinderen, zoals β -blokkers.
- Recent vervaardigd ECG
- Cardiale voorgeschiedenis en risicofactoren: lokalisatie van evt. hartinfarct, evt angina pectoris klachten

Mogelijke complicaties

- Na een forse inspanning tijdens de fietstest kan de bloeddruk te snel dalen. Dit resulteert voor de patiënt in een gevoel van duizeligheid, licht in het hoofd, misschien zelfs misselijkheid. Het verdient dan ook de aanbeveling om in deze gevallen de patiënten rustig uit te laten fietsen, waarbij de functielaborant de bloeddruk controleert, totdat deze weer op ‘normaal’ peil is
- Wanneer de patiënt cardiologische klachten krijgt tijdens de inspanning of het liggen op de tafel, belt de functielaborant of de MNW-er het noodsein. De arts-assistent bepaalt het verdere verloop
- Wanneer een patiënt een hartstilstand krijgt, belt de MNW-er of functielaborant meteen het **reanimesein: 8844**. Blijf aan de lijn en geef duidelijk aan waar het team moet zijn. Nucleaire geneeskunde bevindt zich in gebouw F, begane grond, tegenover de röntgenafdeling, route 054. Stuur ook iemand de gang op om het team op te vangen. NOOIT ophangen!!!

Verwachte bijwerkingen

Zie mogelijke complicaties

Benodigdheden voor behandeling / onderzoek

Digitale aanvraag met autorisatie door nucleair geneeskundige

- ECG-apparatuur
- Fietsergometer
- Bloeddrukmeter
- Per patiënt 2 spuitjes 10 ml fysiologisch zout
- Waakinfuus

- Medicijnkist voor noodgevallen
- Sein Nucleaire Geneeskunde, nr. 7029 (sein moet tijdens onderzoek aan en in bezit zijn van dienstdoende arts-assistent Cardiologie. De nucleair werker vergewist zich hiervan.)
- Radiofarmacon

Radiofarmacon en eigenschappen radiofarmacon

Preparaat	^{99m}Tc gelabeld met tetrofosmine (Myoview)
Nuclide	$^{99m}\text{Technetium}$
Dosering	2 maal 450 MBq voor volwassen patiënten, bij eendagsprotocol: 250 MBq voor 1 ^e deel, 750 MBq voor het 2 ^e deel
Toediening	Intraveneus

Vorbereiding van patiënt op behandeling

Rust-opnamen:

- 4 uur voor het tijdstip van de afspraak mag de patiënt nog een lichte maaltijd eten (beschuit/cracker/boterham met zoet beleg), daarna niets meer. Water mag wel.
- Voorafgaand aan deze foto's is het belangrijk dat de patiënt zich rustig houdt.
- De patiënt neemt een maaltijd mee (bestaand uit 'vette' producten, bijvoorbeeld: boterham met 48+ kaas, chocoladereep, koffie, chocolademelk, enz.).

Fietstest:

- 4 uur voor het tijdstip van de afspraak mag de patiënt nog een lichte maaltijd eten (beschuit/cracker/boterham met zoet beleg), daarna niets meer. Water mag wel.
- Eventueel kleding en schoenen meenemen waarmee de patiënt zich gemakkelijk kan inspannen.
- Staken Bètablokkers: minimaal 48 uur voor het onderzoek, tenzij aanvragend cardioloog juist onder bètablokkade ischemie wil detecteren.
- De patiënt neemt een maaltijd mee (bestaand uit 'vette' producten, bijvoorbeeld: boterham met 48+ kaas, chocoladereep, koffie, chocolademelk, enz.)
- Indien patiënt onvoldoende kan inspannen of de hartfrequentie onvoldoende stijgt, kan worden besloten om alsnog een adenosine-provocatie te verrichten. Om deze reden: Vanaf 24 uur vóór het onderzoek mag de patiënt de volgende medicijnen niet gebruiken: Persantin[®], theofylline en euphylline; in dezelfde periode ook geen koffie, thee, cola, chocola of andere cafeïne- of theïnehoudende producten eten of drinken

Werkwijze

- Vrijwel altijd wordt dit onderzoek op 2 verschillende dagen uitgevoerd, met de rustopname op de eerste dag.
- De eerste dag krijgt de patiënt een intraveneuze injectie van het radiofarmacon (^{99m}Tc -tetrofosmine).
- Vervolgens eet de patiënt de meegebrachte maaltijd.

- Na minimaal een half uur volgt een serie foto's met ECG-registratie (gated SPECT). De patiënt ligt met ontbloot bovenlichaam op tafel, wederom met de armen boven het hoofd in de armsteun. De serie duurt ongeveer twintig minuten. Na afloop kan de patiënt gaan.
- Wanneer de gating niet lukt, wegens slecht signaal/AF/andere ritmestoornissen, dan dienen de rustopnamen non-gated gedaan te worden. In QDoc dient hiervan melding te worden gemaakt met de reden waarom.
- Op de tweede dag, voorafgaand aan het inspanningsonderzoek, controleert de medisch nucleair werker of de patiënt zich aan de voorbereiding heeft gehouden. De patiënt krijgt een infuus en de hartfunctielaborant sluit de patiënt aan op de ECG-monitor. Het inspanningsdeel begint.
- De fietstest is betrouwbaar als patient maximaal heeft ingespannen en MINIMAAL 85% van de na te streven hartfrequentie wordt bereikt; deze streefwaarde is afhankelijk van de lengte, leeftijd en geslacht van de patiënt. Ook in geval van het optreden van herkenbare cardiale klachten en/of ECG veranderingen is de test representatief.
- Tijdens maximale fietsinspanning spuit de MNW-er de Tc-99m-tetrofosmine in. Hierna volgt nog 1 minuut in maximale inspanning. Daarna kan de patiënt uitfietsen.
- De functielaborant meet tijdens de test regelmatig de bloeddruk.
- Bij afwijkend verloop van de bloeddruk, alarmerende ECG-veranderingen of andere klachten van cardiologische of farmacologische aard, belt de functielaborant het noodsein (7029). Zie ook bij Opmerkingen-Verantwoordelijkheden.
- Na de inspanning kleedt de patiënt zich aan en hij/zij dient de maaltijd te eten, zoals vermeld in de voorbereiding.
- Minimaal een half uur na inspuiting van het radiofarmacon wordt de scintigrafie gestart (een langer interval tussen injectie en scan heeft geen nadelige gevolgen voor de beeldkwaliteit). De bovenkleding mag aanblijven, tenzij zich metalen voorwerpen bevinden op/onder de kleding. Bij vrouwelijke patiënten moet de beha uit.
- De foto's duren ongeveer een kwartier.
- De patiënt ligt op de rug met de armen boven het hoofd in een armsteun en mag tijdens de foto's niet bewegen.

Parameters

Stress-SPECT:

Energie:	140 keV
Energy Window:	10%
Matrix:	64x64
Collimator:	LEHR

Opname:	27 seconden per stap van 3° (60 frames in totaal) Counter Clock Wise opnamen
Zoom:	1.28

Rust-SPECT Gated:

Energie:	140 keV
Energy Window:	10%
Matrix:	64x64
Collimator:	LEHR
Opname:	37 seconden per stap van 3° (8 frames per cyclus van 37 seconden; 480 frames in totaal), CCW PHASE-mode, PVC-Thresholds voor HIGH en LOW 20%
Zoom:	1.28

Uitwerking onderzoek

De MNW-er:

- werkt de studie uit (zie uitwerkingsprotocol uitwerken myocardperfusiescintigrafie,)
- laat de studie weggijken door de NG
- stuurt de data naar PACS en controleert ook of alles goed is aangekomen (zie uitwerkingsprotocol beelden archiveren naar Pacs)
- bekijkt het resultaat; wanneer het hart vrij van storende lever- en/of darmactiviteit ligt, is de studie goed gelukt. Er vindt overleg met de nucleair geneeskundige plaats als er sprake is van een verminderde/geen doorbloeding in >3 segmenten en bij twijfel over de kwaliteit/resultaat van de studie of de conditie van de patiënt.

De NG:

- beoordeelt de studie en maakt hier vervolgens een verslag van

Nazorg en overdracht

- De MNW-er vraagt, voordat het infuus uit de arm gaat, bij de patiënt na of er klachten zijn. Bij klachten van cardiologische aard (pijn op de borst), die niet verdwijnen en/of verergeren, maakt een functioneel laborant een ECG en vervolgens bepaalt de arts-assistent welk vervolg er plaatsvindt. Wanneer er geen klachten zijn, kan het infuus uit de arm.
- Na 24 uur mag de borstvoeding hervat worden.
- Behalve staken borstvoeding worden geen stralingshygiënische maatregelen opgelegd.

Bronvermelding / referenties

Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde. 5^e herziene druk, 2007 Uitgeverij Kloosterhof
Commissie kwaliteitsbevordering NVNG, onder eindredactie van P.C. Barneveld en P. van Urk.
EANM Dosage Card: <https://www.eanm.org/committees/dosimetry/dosagecard.pdf>

Bijlagen

[Patiënteninfo myocardscintigrafie in rust](#)

Patiënteninfo myocardscintigrafie na fietstest

Taken verantwoordelijkheden / bevoegdheden

Functionaris	Taken / verantwoordelijkheden	Bevoegdheden
Nucleair geneeskundige	Voorschrijven specifieke onderzoeksprotocol Accorderen/toewijzen onderzoek Voorschrijven radiofarmacon Verslaglegging, evt. overleg met verwijzend specialist	• Toedienen radiofarmacon • Medische bevoegdheden • Beoordelen indicaties • Beoordelen nucleaire onderzoeken
Cardioloog	Verantwoordelijk voor de provocatietest Hij/zij is te bereiken via het noodsein (wiptel 7029) In geval van een oproep dient hij <u>onmiddellijk</u> naar de afdeling nucleaire geneeskunde te komen. In geval dat hij/zij niet beschikbaar is dient de dienstdoende cardioloog gebeld te worden, tel. 7222.	
Medisch nucleair werker	Uitvoeren en uitwerken onderzoek NG of cardiologie attenderen op onverwachte bijzonderheden, zonodig oproepen via wiptel	Toedienen radiofarmacon link WI: Kwaliteitshandboek nucleaire geneeskunde, intraveneuze medicatietoediening
Hartfunctie laborant	Aansluiten patiënt op ECG monitor Bewaken ECG en tensie Bij afwijkend ECG arts-assistent waarschuwen	Kan ingrijpen bij cardiologische problemen bij de patiënt

Applicatiebeheerder		Fout opgeslagen foto's verplaatsen naar de juiste plaats.
Baliemedewerker	Opvragen aanvraagformulier Identiteit van patiënt checken In systeem aangeven dat patiënt gearriveerd is	

Functie verantwoordelijke manager

Hoofd vakgroep nucleaire geneeskunde

Beoordelaar

I.H. Liem

Bijlage 3 - Protocol myocardperfusiescintigrafie met farmacologische inspanning

Trefwoorden

Myocardscintigrafie

Myocardscan

Hartscan

Myoview

Tetrofosmine

MUGA.

Titel document

Nuc, Hart en bloedvaten, Myocardperfusiescintigrafie met adenosine provocatie, onderzoeksprotocol

Doel

Het afbeelden van de perfusie en functie van de linkerventrikel van het hart met behulp van adenosine provocatietest.

Doelgroep / toepassingsgebied

Medisch nucleair werkers (MNW)

Nucleair geneeskundigen (NG)

Arts-assistenten cardiologie, cardiologen

Hartfunctie laboranten

Voorbehouden of risicovolle handeling

Het toedienen van een (radio-)farmacon en evt. inbrengen van een venflon (infuus) is een voorbehouden handeling welke in opdracht van een NG door een gediplomeerd MNW worden uitgevoerd. Kwaliteitshandboek nucleaire geneeskunde, werkinstructie intraveneuze medicatietoediening

Opmerkingen

- Dit onderzoek wordt alleen op de locatie Veldhoven uitgevoerd.

Principe

- Afbeelding van het myocard na intraveneuze injectie van ^{99m}Tc -tetrofosmine. In het MMC worden meerdere soorten stresstesten toegepast, dit protocol beschrijft de adenosine provocatietest (voor patiënten die zich niet mogen of (voldoende) kunnen inspannen).
- Er wordt gezocht naar regionale doorbloedingsverschillen die uitsluitend of het meest uitgesproken bij inspanning aanwezig zijn. Hiertoe wordt het onderzoek zowel bij inspanning als in rust uitgevoerd. De farmacologische stresstest m.b.v. adenosine berust op het vasodilatatieprincipe: in ischemisch myocard neemt de vasodilatatie minder toe dan in gezond myocard met een 2-daags protocol. De patiënt krijgt op twee afzonderlijke dagen het onderzoek voor beoordeling van de regionale doorbloeding tijdens stress en in rust.
- Bij uitzondering en in overleg met de nucleair geneeskundige wordt het onderzoek op één dag uitgevoerd. De volgorde stress/rest wordt ook in overleg bepaald. Tussen de onderzoeken zit een periode van ongeveer 4 uur. De dosis wordt aangepast.

Stralingshygiënische aspecten

Indien patiënte (mogelijk) zwanger is kan het onderzoek in principe geen doorgang vinden tenzij goedgekeurd door de NG en vastgelegd in de autorisatie.

Voor vrouwen die borstvoeding geven geldt dat zij die 24 uur moet staken.

Gemiddelde duur

De duur van het onderzoek is voor de provocatietest en scan 1½ a 2 uur, inclusief wachttijd (30 a 40 minuten)

Het rustonderzoek duurt 1 a 1½ uur (ook incl. wachttijd)

Indicaties

Aantonen of uitsluiten ischemie bij coronaire hartziekten (CAD)

- Patiënten met een lage waarschijnlijkheidsgraad op het bestaan van CAD, maar met een positief inspannings-ECG (X-ECG)
- Patiënten met een hoge waarschijnlijkheidsgraad op het bestaan van CAD, maar met een negatief X-ECG
- Niet-diagnostisch X-ECG (LBTB, LVH, repolarisatiestoornis in rust)
- Bij patiënten met een normaal ECG die niet in staat zijn zich adequaat in te spannen of bij wie inspanning gecontraïndiceerd is.

Bepaling van de functionele betekenis van bekende CAD:

- Beoordeling van ernst, uitgebreidheid en lokalisatie van ischaemie bij de besluitvorming over verdere diagnostiek (angiografie) en behandeling, zoals revascularisatie d.m.v. percutane transluminale coronaire angioplastiek (PTCA) of coronary artery bypass graft (CABG)
- Functionele bijdrage van collateralen

Na doorgemaakt myocardinfarct:

- Beoordeling van de grootte van het infarct, evt. restischemie en kenmerken van ernstige en uitgebreide coronairsclerose in het kader van prognose
- Detectie van ischemie als oorzaak van ritmestoornissen na doorgemaakt myocardinfarct

Evaluatie van de effectiviteit van een ingestelde therapie:

- Recidief klachten of persisteren van klachten na revascularisatie van het myocard

Contra-indicaties

Absolute contra-indicaties:

- instabiele AP (angina pectoris)
- recent infarct
- ernstige COPD (met bronchoconstrictieve symptomen)
- Mobitz II of 3e-graads AV-blok
- ernstige bradycardie (< 40/min)
- ernstige mitralisklepinsufficiëntie

- aortastenose of dubbelzijdig carotisstenose
- hypovolemie
- hypertrofische obstructieve cardiomyopathie (HOCM)
- ventriculaire tachycardie (VT)
- ongecontroleerde hypertensie
- pericarditis constrictiva
- atrium fibrilleren met te hoge ventrikelrespons (frequentie kan fors stijgen, eerst instellen)
- doorgebruik van adenosine-uptakeremmende medicatie als dipyridamol
- recent gebruik coffeïnehoudende voeding of medicatie of xantinemedicatie als theofylline
- zwangerschap en borstvoeding (zie ook opmerkingen)

Gegevens bij aanvraag

De NG controleert het volledig ingevuld aanvraagformulier en autoriseert voordat het onderzoek plaatsvindt.

- Duidelijke omschrijving van de indicatie
- Klachtenpatroon
- Evt. resultaten van X-ECG, coronairangiografie, PTCA of myocardrevascularisatie
- Fysieke belastbaarheid. Is er sprake van COPD?
- Gebruikte medicatie en toestemming van de aanvragend specialist om deze, waar nodig, te staken. Hierbij gaat het om medicamenten, die het bereiken van een adequate hartfrequentie verhinderen, maar ook om theofyllinederivaten
- Recent vervaardigd ECG
- Systolische RR < 90 mmHg
- Cardiale voorgeschiedenis en risicofactoren: lokalisatie van evt. hartinfarct, evt. angina-pectoris-klachten

Mogelijke complicaties

- Het gebruik van adenosine kan voor sommige patiënten bijwerkingen vertonen. Het gaat dan, meestal, om een daling van de bloeddruk, waardoor een patiënt duizelig wordt, hoofdpijn kan krijgen, misselijk wordt en een zwaar gevoel in de ledematen krijgt.
In uitzonderlijke gevallen kan in overleg met de nucleair geneeskundige/arts-assistent cardiologie, theofylline ingespoten worden. Dit gaat de bijwerkingen van adenosine tegen.
- Wanneer de patiënt cardiologische klachten krijgt tijdens de inspanning of het liggen op de tafel, belt de functielaborant of de MNW-er het noodsein. De arts-assistent bepaalt het verdere verloop
- Wanneer een patiënt een hartstilstand krijgt, belt de MNW-er of functielaborant meteen het **reanimatiesein: 8844**. Blijf aan de lijn en geef duidelijk aan waar het team moet zijn. Nucleaire geneeskunde bevindt zich in gebouw F, begane grond, tegenover de röntgenafdeling, route 054. Stuur ook iemand de gang op om het team op te vangen. NOOIT ophangen!!!

Verwachte bijwerkingen

Zie mogelijke complicaties

Benodigdheden voor behandeling / onderzoek

Digitale aanvraag met autorisatie door nucleair geneeskundige

- ECG-apparatuur
- 2 gewichtjes
- Bloeddrukmeter
- Per patiënt 2 spuitjes 10 ml fysiologisch zout
- Een perfusor en een spuit met adenosine,
- Ampul 200 mg theofylline
- Waakinfuus
- Medicijnkist voor noodgevallen
- Sein Nucleaire Geneeskunde, nr. 7029 (sein moet tijdens onderzoek aan en in bezit zijn van dienstdoende arts-assistent Cardiologie. De nucleair werker vergewist zich hier van.)
- Radiofarmacon

Radiofarmacon en eigenschappen radiofarmacon

Preparaat ^{99m}Tc gelabeld met tetrofosmine (Myoview)

Nuclide $^{99m}\text{Technetium}$

Dosering 2 maal 450 MBq voor volwassen patiënten, bij eendagsprotocol: 250 MBq voor 1^e deel, 750 MBq voor het 2^e deel

Toediening Intraveneus

Vorbereiding van patiënt op behandeling

Adenosine-test:

- Vanaf 24 uur vóór het onderzoek mag de patiënt de volgende medicijnen niet gebruiken: Persantin®, theofylline en euphylline; in dezelfde periode ook geen koffie, thee, cola of chocola meer eten of drinken (of andere cafeïne- of theïnehoudende producten)
- 4 uur voor het tijdstip van de afspraak mag de patiënt nog een lichte maaltijd eten (beschuit/cracker/boterham met zoet beleg), daarna niets meer. Water mag wel
- De patiënt neemt een maaltijd mee (bestaand uit ‘vette’ producten, bijvoorbeeld: boterham met 48+ kaas, chocoladereep, koffie, chocolademelk, enz.)

Rust-opnamen:

- 4 uur voor het tijdstip van de afspraak mag de patiënt nog een lichte maaltijd eten (beschuit/cracker/boterham met zoet beleg), daarna niets meer. Water mag wel
- Voorafgaand aan deze foto's is het belangrijk dat de patiënt zich rustig houdt
- De patiënt neemt een maaltijd mee (bestaand uit ‘vette’ producten, bijvoorbeeld: boterham met 48+ kaas, chocoladereep, koffie, chocolademelk, enz.)

Werkwijze

- Vrijwel altijd wordt dit onderzoek op 2 verschillende dagen uitgevoerd, met de rustopname op de eerste dag.
- De eerste dag krijgt de patiënt een intraveneuze injectie van het radiofarmacon (Tc-99m-tetrofosmine).
- Vervolgens eet de patiënt de meegebrachte maaltijd.
- Na minimaal een half uur volgt een serie foto's met ECG-registratie (gated SPECT). De patiënt ligt met ontbloot bovenlichaam op tafel, wederom met de armen boven het hoofd in de armsteun. De serie duurt ongeveer twintig minuten. Na afloop kan de patiënt gaan.
- Wanneer de gating niet lukt, wegens slecht signaal/AF/andere ritmestoornissen, dan dienen de rustopnamen non-gated gedaan te worden. In QDoc dient hiervan melding te worden gemaakt met de reden waarom.
- Op de tweede dag, voorafgaand aan het inspanningsonderzoek, controleert de medisch nucleair werker of de patiënt zich aan de voorbereiding heeft gehouden. De patiënt krijgt een infuus en de hartfunctielaborant sluit de patiënt aan op de ECG-monitor. Het inspanningsdeel begint. Het gewicht van de patiënt wordt gevraagd i.v.m. de dosering van adenosine (zie tabel).
 - aantal ml optrekken uit de flacon volgens tabel o.b.v. gewicht van patiënt
 - 2 ml extra ivm volume slangetje
 - instellen perfusorsnelheid volgens tabel o.b.v. gewicht van patiënt (totaal 6 min looptijd)
 - na 3 minuten wordt het radiofarmacon toegediend, perfusor op pauze, dan toedienen
LET OP: in het slangetje zit nog 0,7 ml adenosine opl. dus **rustig** inspuiten (geen bolus).
 - perfusor herstarten en nog 3 minuten laten lopen (tot spuit leeg is).
- De provocatie met Adenosine wordt uitgevoerd terwijl patient op de ergometrie-fiets zit. Tijdens adenosine infusie moet patient licht fietsen.
Uitzondering zijn de patiënten die zwaarder zijn dan 80 kg om te voorkomen dat igv een (vasovagale) collaps patient niet kan worden opgevangen door de aanwezige laboranten. Deze patiënten worden liggend op tafel onderzocht en moeten licht inspanning leveren met gewichten in de handen.
- Indien sprake is van een LBTB moet patient geen inspanning leveren tijdens adenosine: geen toename van de hartfrequentie.
- Tijdens het inlopen van adenosine meet de functielaborant een aantal keer de bloeddruk. Tijdens het inlopen gaat de patiënt zich licht inspannen (zie boven). Na 3 minuten spuit de MNW'er het radiofarmacon in en spant de patiënt zich nog 1 minuut in, terwijl de perfusor nog 3 minuten doorloopt.
- Bij afwijkend verloop van de bloeddruk, alarmerende ECG-veranderingen of andere klachten van cardiologische of farmacologische aard, belt de functielaborant het noodsein (7029). Zie ook bij Opmerkingen-Verantwoordelijkheden.
- Na de provocatie kleedt de patiënt zich aan en hij/zij dient de maaltijd te eten, zoals vermeld in de voorbereiding. Minimaal een half uur na inspuiting van het radiofarmacon wordt de scintigrafie gestart (een langer interval tussen injectie en scan heeft geen nadelige

gevolgen voor de beeldkwaliteit). De bovenkleding mag aanblijven, tenzij zich metalen voorwerpen bevinden op/onder de kleding. Bij vrouwelijke patiënten moet de beha uit. De foto's duren ongeveer een kwartier. De patiënt ligt op de rug met de armen boven het hoofd in een armsteun en mag tijdens de foto's niet bewegen.

- Dosis adenosine
 $0,14 \text{ mg/kg/min} = 0,84 \text{ mg/kg/6min}$
 standaard flacon: 90 mg in 30 ml
 i.p. 1 flacon per patiënt tenzij zwaarder dan 108 kg (zie tabel)
- Het is toegestaan om dosis adenosine voor meerdere patiënten uit dezelfde flacon te halen. M.a.w. restant adenosine kan voor een volgende patiënt gebruikt worden. Flacon mag tot 24uur na opening gebruikt worden. (in de praktijk is dat 1 werkdag; 8uur)
- Theofylline hoeft niet te worden opgetrokken in de spuit bij adenosine (wel bij Rapiscan)

Perfusor schema adenosine (flacon: 90 mg/30ml)

gewicht patient kg	Dosis mg	Dosis ml	ml/u perfusor	gewicht patient kg	Dosis mg	Dosis ml	ml/u perfusor
40	33,6	11,2	112,0	85	71,4	23,8	238,0
41	34,4	11,5	114,8	86	72,2	24,1	240,8
42	35,3	11,8	117,6	87	73,1	24,4	243,6
43	36,1	12,0	120,4	88	73,9	24,6	246,4
44	37,0	12,3	123,2	89	74,8	24,9	249,2
45	37,8	12,6	126,0	90	75,6	25,2	252,0
46	38,6	12,9	128,8	91	76,4	25,5	254,8
47	39,5	13,2	131,6	92	77,3	25,8	257,6
48	40,3	13,4	134,4	93	78,1	26,0	260,4
49	41,2	13,7	137,2	94	79,0	26,3	263,2
50	42,0	14,0	140,0	95	79,8	26,6	266,0
51	42,8	14,3	142,8	96	80,6	26,9	268,8
52	43,7	14,6	145,6	97	81,5	27,2	271,6
53	44,5	14,8	148,4	98	82,3	27,4	274,4
54	45,4	15,1	151,2	99	83,2	27,7	277,2
55	46,2	15,4	154,0	100	84,0	28,0	280,0
56	47,0	15,7	156,8	101	84,8	28,3	282,8
57	47,9	16,0	159,6	102	85,7	28,6	285,6
58	48,7	16,2	162,4	103	86,5	28,8	288,4
59	49,6	16,5	165,2	104	87,4	29,1	291,2
60	50,4	16,8	168,0	105	88,2	29,4	294,0
61	51,2	17,1	170,8	106	89,0	29,7	296,8
62	52,1	17,4	173,6	107	89,9	30,0	299,6
63	52,9	17,6	176,4	108	90,7	30,2	302,4
64	53,8	17,9	179,2	109	91,6	30,5	305,2
65	54,6	18,2	182,0	110	92,4	30,8	308,0
66	55,4	18,5	184,8	111	93,2	31,1	310,8
67	56,3	18,8	187,6	112	94,1	31,4	313,6
68	57,1	19,0	190,4	113	94,9	31,6	316,4
69	58,0	19,3	193,2	114	95,8	31,9	319,2
70	58,8	19,6	196,0	115	96,6	32,2	322,0
71	59,6	19,9	198,8	116	97,4	32,5	324,8

**NB
2EH
adenosine
in
perfusor**

72	60,5	20,2	201,6	117	98,3	32,8	327,6
73	61,3	20,4	204,4	118	99,1	33,0	330,4
74	62,2	20,7	207,2	119	100,0	33,3	333,2
75	63,0	21,0	210,0	120	100,8	33,6	336,0
76	63,8	21,3	212,8	121	101,6	33,9	338,8
77	64,7	21,6	215,6	122	102,5	34,2	341,6
78	65,5	21,8	218,4	123	103,3	34,4	344,4
79	66,4	22,1	221,2	124	104,2	34,7	347,2
80	67,2	22,4	224,0	125	105,0	35,0	350,0
81	68,0	22,7	226,8	126	105,8	35,3	352,8
82	68,9	23,0	229,6	127	106,7	35,6	355,6
83	69,7	23,2	232,4	128	107,5	35,8	358,4
84	70,6	23,5	235,2	129	108,4	36,1	361,2

Parameters

Stress-SPECT:

Energie:	140 keV
Energy Window:	10%
Matrix:	64x64
Collimator:	LEHR
Opname:	27 seconden per stap van 3° (60 frames in totaal) Counter Clock Wise opnamen
Zoom:	1.28

Rust-SPECT Gated:

Energie:	140 keV
Energy Window:	10%
Matrix:	64x64
Collimator:	LEHR
Opname:	37 seconden per stap van 3° (8 frames per cyclus van 40 seconden; 480 frames in totaal), CCW PHASE-mode, PVC-Thresholds voor HIGH en LOW 20%
Zoom:	1.28

Uitwerking onderzoek

De MNW-er:

- werkt de studie uit (zie uitwerkingsprotocol [uitwerken myocardperfusiescintigrafie](#).)
- laat de studie weggijken door de NG

- stuurt de data naar PACS en controleert ook of alles goed is aangekomen (zie uitwerkingsprotocol [beelden archiveren naar Pacs](#))
- bekijkt het resultaat; wanneer het hart vrij van storende lever- en/of darmactiviteit ligt, is de studie goed gelukt. Er vindt overleg met de nucleair geneeskundige plaats als er sprake is van een verminderde/geen doorbloeding in >3 segmenten en bij twijfel over de kwaliteit/resultaat van de studie of de conditie van de patiënt.

De NG:

- beoordeelt de studie en maakt hier vervolgens een verslag van

Nazorg en overdracht

De MNW-er vraagt, voordat het infuus uit de arm gaat, bij de patiënt na of er klachten zijn. Bij klachten van cardiologische aard (pijn op de borst), die niet verdwijnen en/of verergeren, maakt een functielaborant een ECG en vervolgens bepaalt de arts-assistent welk vervolg er plaatsvindt. Bij klachten van farmacologische aard: zie Mogelijke complicaties. Wanneer er geen klachten zijn, kan het infuus uit de arm.

- Na 24 uur mag de borstvoeding hervat worden.
- Behalve staken borstvoeding worden geen stralingshygiënische maatregelen opgelegd.

Bronvermelding / referenties

Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde. 5^e herziene druk, 2007 Uitgeverij Kloosterhof
Commissie kwaliteitsbevordering NVNG, onder eindredactie van P.C. Barneveld en P. van Urk.
EANM Dosage Card: <https://www.eanm.org/committees/dosimetry/dosagecard.pdf>

Bijlagen

[Patiënteninfo myocardscintigrafie in rust](#)

[Patiënteninfo myocardscintigrafie na adenosine](#)

Taken verantwoordelijkheden / bevoegdheden

Functionaris	Taken / verantwoordelijkheden	Bevoegdheden
Nucleair geneeskundige	Voorschrijven specifieke onderzoeksprotocol Accorderen/toewijzen onderzoek Voorschrijven radiofarmacon Verslaglegging, evt. overleg met verwijzend specialist	• Toedienen radiofarmacon • Medische bevoegdheden • Beoordelen indicaties • Beoordelen nucleaire onderzoeken
Cardioloog	Verantwoordelijk voor de provocatietest	

	Hij/zij is te bereiken via het noodsein (wiptel 7029) In geval van een oproep dient hij <u>onmiddellijk</u> naar de afdeling nucleaire geneeskunde te komen. In geval dat hij/zij niet beschikbaar is dient de dienstdoende cardioloog gebeld te worden, tel. 7222.	
Medisch nucleair werker	Uitvoeren en uitwerken onderzoek Uitvoeren van de Persantin® provocatie NG of cardiologie attenderen op onverwachte bijzonderheden, zonodig oproepen via wiptel	Toedienen radiofarmacon link WI: Kwaliteitshandboek nucleaire geneeskunde, intraveneuze medicatietoediening
Hartfunctie laborant	Aansluiten patiënt op ECG monitor Bewaken ECG en tensie Bij afwijkend ECG arts-assistent waarschuwen	Kan ingrijpen bij cardiologische problemen bij de patiënt
Applicatiebeheerder		Fout opgeslagen foto's verplaatsen naar de juiste plaats.
Baliemedewerker	Opvragen aanvraagformulier Identiteit van patiënt checken In systeem aangeven dat patiënt gearriveerd is	

Functie verantwoordelijke manager

Hoofd vakgroep nucleaire geneeskunde

Beoordelaar

I.H. Liem

Bijlage 4 - Beoordelingsformulier myocardperfusiescintigrafie

Nummer van de beelden:.....

Visuele beeldkwaliteit

Beoordeel de visuele beeldkwaliteit op een 5-punts Likert-schaal waarbij rekening gehouden wordt met de signaal ruis verhouding (SNR), de contrast ruis verhouding (CNR) en de homogeniteit van de activiteitsverdeling.

Slecht	Matig	Voldoende	Goed	Uitstekend
☐	☐	☐	☐	☐

Defecten

Beoordeel of er defecten te zien zijn en of deze defecten reversibel of irreversibel van aard zijn.

Bepaal indien er een defect aanwezig is hoeveel segmenten het defect omvat.

Nee	☐
Ja, reversibele defecten	☐ , hoeveel segmenten:.....
Ja, irreversibele defecten	☐ , hoeveel segmenten:.....

Plaatsbepaling defect

Beoordeel in welk gebied van het myocard het defect zichtbaar is. Hierbij is het mogelijk om meerdere antwoorden aan te kruisen.

Anterior (A)	☐
Antero-lateraal (AL)	☐
Infero-lateraal (IL)	☐
Inferior (I)	☐
Infero-septaal (IS)	☐
Antero-septaal (AS)	☐
Apicaal (Ap)	☐

