

Het beste idee voor een SPECT-CT

Catharina Ziekenhuis Eindhoven

Afdeling Nucleaire Geneeskunde



PHILIPS



SIEMENS

Afstudeerproject MBRT voltijd
Eindhoven, 27/05/2010

Jasper Weetink
Kyra Jansen
Mariska Kuijpers

Voorwoord

Dit onderzoek vond plaats in het kader van het afstudeertraject van de opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken, aan de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven.

Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van de afdeling Nucleaire geneeskunde van het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven (CZE). Dit onderzoek is een onderdeel van het lopende project op de afdeling voor de aanschaf van een SPECT-CT (Single Photon Emission Computed Tomography – Computed Tomography). Deze projectgroep wordt geleid door klinisch fysicus in opleiding (KLIFIO) Anouk de Jong.

Het aandeel van dit afstudeeronderzoek bevat het pakket van eisen en aanbevelingen met betrekking tot het CT-systeem van de SPECT-CT camera.

Er is onderzoek gedaan naar de indicaties voor SPECT-CT en de vraag van specialisten van het CZE met de daarbij benodigde specificaties van de CT. Het doel van het onderzoek is aanbevelingen doen voor de aanschaf van een SPECT-CT, met betrekking tot de specificaties van de CT, zodat een bijdrage geleverd kan worden aan het totale pakket van eisen dat de projectgroep, geleid door A. de Jong, opstelt.

De theoretische verantwoording is opgebouwd, startend met een inleiding inclusief probleemstelling en vraagstellingen. Vervolgens worden de volgende onderwerpen behandeld:

- Inventarisatie van het ziekenhuis en CT systemen
- Indicaties en meerwaarde SPECT-CT
- Wens van specialisten
- Pakket van eisen
- Bespreking diverse SPECT-CT systemen
- Verschillen tussen de systemen aan de hand van het pakket van eisen
- Bezoek aan nucleaire afdelingen met een SPECT-CT

Na het einde van de theoretische verantwoording volgen conclusies en aanbevelingen, gevolgd door bijlagen met uitwerking van indicaties, meerwaarde van SPECT-CT, topiclijsten van interviews en het pakket van eisen.

Dit afstudeeronderzoek is tot stand gekomen met de medewerking van een aantal mensen. We willen daarom de afdeling nucleaire geneeskunde en de specialisten van het CZE hartelijk bedanken voor het beschikbaar stellen van informatie en het beantwoorden van al onze vragen.

Daarnaast willen we Peter van Loon en Michel Guerchaft van de firma Philips, Bob Hoogenboom van de firma Siemens en Dennis van Dijk van de firma GE bedanken voor hun medewerking bij dit onderzoek. Ook willen we graag de afdelingen Nucleaire geneeskunde van de ziekenhuizen AZM Maastricht, Amphia ziekenhuis Breda, Deventer ziekenhuis, OMC Sittard-Geleen, Rijnstate Ziekenhuis Arnhem en Isala Klinieken Zwolle bedanken voor hun gastvrijheid en medewerking.

Onze bijzondere dank gaat uit naar:

- Mw. A. de Jong, klinisch fysicus in opleiding, tevens projectleidster van het lopende project op de afdeling nucleaire geneeskunde van het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven
- Mw. dr. M. Edelbroek, nucleair geneeskundige van het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven
- Mw. R. Nuijten, praktijkbegeleidster van het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven
- Mw. T. van Helvert voor de begeleiding op de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven

Samenvatting

Achtergrond

Op het moment van schrijven nadert op de afdeling nucleaire geneeskunde in het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven een van de dubbelkops-gammacamera's de afschrijfdatum (gedateerd uit 2000) Deze camera vertoont in toenemende mate mechanische problemen en is daarom aan vervanging toe. De probleemstelling van dit project luidt dan ook:

"Bij vervanging van een gedateerde dubbelkops-gammacamera zijn een pakket van eisen en aanbevelingen noodzakelijk om een weloverwogen beslissing te kunnen nemen voor een SPECT-CT op de afdeling Nucleaire geneeskunde in het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven."

Doel

De afdeling stelt als doel: het in stand houden van de technische en diagnostische kwaliteit van de afdeling. De aanschaf van een hybride SPECT-CT systeem stelt de afdeling tevens in staat om nieuwe medische indicaties in de beeldvormende techniek als doelstelling te bereiken. Het doel van dit project is het opstellen van een pakket van eisen voor het CT-systeem. Dit pakket van eisen is een voorwaarde voor de aanschaf van een SPECT-CT in het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven. Aan de hand hiervan worden aanbevelingen gedaan voor de afdeling nucleaire geneeskunde in dit ziekenhuis.

Methode

Om deze doelstellingen te bereiken wordt gebruik gemaakt van:

- Een literatuurstudie
- Gesprekken met specialisten in het ziekenhuis
- Gesprekken met fabrikanten van SPECT-CT systemen
- Bezoek aan nucleaire afdelingen die al ervaring hebben met het werken met een SPECT-CT

Een literatuurstudie naar de indicaties voor SPECT-CT onderzoek is uitgevoerd. Aan de hand van de zwaarte en frequentie van deze indicaties uit de jaarcijfers van het Catharina Ziekenhuis (inclusief indicaties naar aanleiding van de meerwaarde van SPECT-CT) zijn de meest belanghebbende specialisten aangetoond.

Hieruit wordt geconcludeerd dat aanvragende specialisten van cardiologie, orthopedie, gynaecologie, chirurgie, interne geneeskunde en pulmonologie benaderd moeten worden voor een interview.

Naast de informatie van de specialisten is er additionele informatie verkregen van drie benaderde fabrikanten (Philips, Siemens en GE) om te bepalen welk systeem het beste bij de eisen van de afdeling en het ziekenhuis past.

Resultaten

Uit het onderzoek onder de specialisten blijkt dat vooral de afdeling orthopedie veel meerwaarde ziet in onderzoeken met behulp van SPECT-CT. Vanuit deze resultaten is bepaald welke gevolgen dit heeft voor de specificaties van het CT-systeem, wat weer terug komt in het pakket van eisen voor de SPECT-CT. Dit pakket van eisen is opgesteld met een scoresysteem waarbij gekeken wordt naar 'knock-out', 'eis' en 'wens'. Dit betekent dat de stellingen in het pakket van eisen op drie niveaus beoordeeld worden, deze waarden variëren van 5 tot 1 punten.

De aanbevelingen worden ondersteund door alle verkregen informatie over de systemen van de fabrikanten naast het pakket van eisen te leggen. Aan elk SPECT-CT systeem kan dan een score worden gegeven.

Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat gedurende dit onderzoek een compleet pakket van eisen voor het CT-systeem van de SPECT-CT opgesteld is voor de afdeling nucleaire geneeskunde in het CZE. Aan de hand van het opgestelde scoresysteem zal bepaald kunnen worden welk SPECT-CT systeem het beste bij deze afdeling past.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
Inleiding	7
Probleemstelling	7
Vraagstellingen	7
1. Methode van onderzoek	9
1.1 Inventarisatie	9
1.2 Indicaties	9
1.3 Specialisten	9
1.4 Pakket van eisen	9
1.5 De verschillende SPECT-CT systemen	9
1.6 Andere nucleaire afdelingen	9
1.7 Conclusies en aanbevelingen	9
2. Inventarisatie	10
2.1 Het ziekenhuis	10
2.2 De afdeling nucleaire geneeskunde	10
2.2.1 Personeel	10
2.2.2 De apparatuur	11
2.3 CT systemen Catharina ziekenhuis	11
2.3.1 Brilliance 64 slice Philips	11
2.3.2 iCT 128 slice Philips	12
2.3.3. Brilliance 16 Big Bore	12
2.3.4 Gemini PET-CT GXL	13
3. Indicaties en specialismen	14
3.1 Techniek	14
3.2 Meerwaarde SPECT-CT	15
3.2.1 Pulmonologie	15
3.2.2 Cardiologie	15
3.2.3 Orthopedie	16
3.2.4 Endocrinologie	17
3.2.5 Bloed, infectie, tumor	18
3.2.6 Gebruik van jodiumhoudend contrastmiddel	19
3.3 Frequentie en weegfactor	19
4. Wens van specialisten	20
4.1 Benadering specialisten	20
4.2 Reacties	20
4.3 Resultaten	20
4.3.1 Cardiologie	20
4.3.2 Orthopedie	21
4.3.3 Chirurgie	21
4.3.4 Gynaecologie	22
4.3.5 Interne geneeskunde	22
4.3.6 Pulmonologie	22

5. Pakket van eisen -----	24
5.1 Doelstellingen -----	24
5.2 Functionele eisen per vakgebied -----	24
5.3 Hardware -----	24
5.4 Software -----	24
5.4.1 Beeldgeneratie en verwerking -----	24
5.4.2 Overige software -----	25
5.5 Accessoires -----	25
5.6 Fabrikant -----	25
5.6.1 Onderhoud en service -----	25
5.6.2 Updates en upgrades -----	25
6. De verschillende SPECT-CT systemen -----	26
6.1 Philips -----	27
6.1.1 Brightview xCT -----	27
6.1.2 Precedence SPECT-CT – 16 -----	29
6.1.3 Software -----	31
6.1.4 Updates en upgrades -----	32
6.1.5 Meerwaarde ten opzichte van andere fabrikanten -----	32
6.2 Siemens -----	33
6.2.1 Symbia T (T, T2, T6 en T16) -----	33
6.2.2 Software -----	36
6.2.3 Updates en upgrades -----	37
6.2.4 Meerwaarde ten opzichte van andere fabrikanten -----	37
6.3 GE -----	38
6.3.1 Infinia Hawkeye 4 -----	38
6.3.2 Discovery NM/CT 670 -----	40
6.3.3 Discovery NM/CT 570c -----	42
6.3.4 Software -----	44
6.3.5 Updates en upgrades -----	44
6.3.6 Meerwaarde ten opzichte van andere fabrikanten -----	45
7. Verschillen tussen firma's aan de hand van pakket van eisen -----	46
7.1 Functionele eisen per vakgebied -----	46
7.2 Diagnostische CT -----	46
7.3 Slices -----	46
7.4 CT scanlengte -----	46
7.5 Onderzoekparameters zijn voor en tijdens het onderzoek snel te wijzigen -----	47
7.6 Ionisch Contrastmiddel -----	47
8. Andere nucleaire afdelingen -----	48
8.1 Philips -----	48
8.1.1 Academisch Ziekenhuis Maastricht; Precedence 16 -----	48
8.1.2 Rijnstate Arnhem; Brightview xCT -----	49
8.2 Siemens -----	49
8.2.1 Orbis Medisch Centrum Sittard; Symbia T2 -----	49
8.2.2 Amphia Ziekenhuis locatie Molengracht; Symbia T6 -----	50
8.3 GE -----	51
8.3.1 Isala Klinieken Zwolle; Discovery NM/CT 570c -----	51
8.3.2 Deventer Ziekenhuis; GE Hawkeye Infinia (1 slice) -----	51

9. Conclusies en aanbevelingen -----	53
9.1 Inventarisatie-----	53
9.2 Indicaties-----	53
9.3 Wens van specialisten -----	54
9.4 Pakket van eisen-----	55
9.5 Fabrikanten -----	56
9.6 Andere ziekenhuizen -----	57
9.7 Tekortkomingen -----	57
9.8 Aanbevelingen -----	58
Literatuurlijst-----	59
Bijlagen -----	61
Bijlage 1: Indicaties SPECT- CT-----	62
Bijlage 2: Indicaties en meerwaarde SPECT-CT-----	73
Bijlage 3: Samenvatting specialisten -----	77
Bijlage 4: Topiclijsten en enquêtes specialisten-----	79
Bijlage 5: Pakket van eisen -----	83
Bijlage 6: Specificaties CT-systemen-----	89
Bijlage 7: Topiclijst nucleaire afdelingen -----	100

Inleiding

Op de afdeling nucleaire geneeskunde in het Catharina Ziekenhuis Eindhoven staat een dubbelkops-gammacamera, gedateerd uit 2000, welke de laatste tijd veel mechanische problemen vertoont. De afdeling wil deze camera begin 2011 gaan vervangen. Er wordt in overweging genomen om een SPECT-CT aan te schaffen. Hiervoor moeten aanbevelingen gedaan worden over het soort SPECT-CT-systeem dat er moet komen.

Op het moment loopt een project in het ziekenhuis voor de aanschaf van een SPECT-CT. Dit project wordt geleid door Anouk de Jong (KLIFIO). Bij de aanschaf van een SPECT-CT moeten alle aspecten rondom een aanschaf bekeken worden. Om een weloverwogen beslissing ten behoeve van het type SPECT-CT systeem te kunnen nemen moet gelet worden op:

- De gammacamera (SPECT)
- Het CT-systeem
- Budget
- Opleiding van laboranten
- Bouwtechnische aspecten
- Stralingsfysische aspecten

Dit afstudeeronderzoek richt zich op de indicaties voor SPECT-CT, de vraag van de specialisten in het CZE en de daarbij behorende eisen voor het CT-systeem.

Deze aspecten zullen in dit onderzoek behandeld worden, waarna uiteindelijk een pakket van eisen opgesteld wordt. Aan de hand hiervan worden aanbevelingen gedaan, met betrekking tot de CT-specificaties. Het systeem dat het best scoort op het pakket van eisen weegt hoog mee bij de aanschaf van een SPECT-CT.

De SPECT-specificaties, alsmede de andere aspecten van het project, zullen door de leden van de projectgroep, geleid door A. de Jong, uitgevoerd worden.

Probleemstelling

Voor dit onderzoek is de volgende probleemstelling opgesteld:

"Bij vervanging van een gedateerde dubbelkops-gammacamera zijn een pakket van eisen en aanbevelingen noodzakelijk om een weloverwogen beslissing te kunnen nemen voor een SPECT-CT op de afdeling Nucleaire geneeskunde in het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven."

Vraagstellingen

Voor het beantwoorden van de probleemstelling zijn de volgende vraagstellingen opgesteld:

- *Hoe ziet de afdeling Nucleaire geneeskunde er op dit moment uit (aantal aanvragen, hoeveelheid en soort apparatuur, het aantal camera- en onderzoekkamers).*
- *Welke CT-systemen zijn in het Catharina Ziekenhuis Eindhoven al in gebruik?*
- *Wat zijn de indicaties voor een SPECT-CT-onderzoek en onder welk specialisme vallen deze?*
- *Wat is de meerwaarde van een hybride SPECT-CT ten opzichte van een stand-alone SPECT en CT bij de specifieke indicaties?*
- *Welke onderzoeken zouden de aanvragende specialisten graag uitgevoerd zien op een SPECT-CT?*
- *Welke mogelijkheden hebben de CT-systemen van de verschillende fabrikanten (GE, Siemens, Philips) te bieden bij de aanschaf van een SPECT-CT?*
- *Welke mogelijkheden, gekeken naar de software, hebben de verschillende CT-systemen van de fabrikanten (GE, Siemens, Philips) te bieden op het gebied van SPECT-CT?*
- *Welk soort CT-systeem is benodigd om bij de specifieke indicaties voor SPECT-CT met betrekking tot de belangrijkste specialismen van het Catharina ziekenhuis een juiste diagnose te kunnen stellen?*

- *Wat zijn de ervaringen van laboranten en nucleaire geneeskundigen op nucleaire afdelingen in andere ziekenhuizen die al een SPECT-CT tot hun beschikking hebben, gekeken naar het gebruiksgemak, onderhoud en service van de fabrikant?*
- *Welke veranderingen zijn er geweest op nucleaire afdelingen in andere ziekenhuizen die al enige tijd een SPECT-CT tot de beschikking hebben, gekeken naar de indicaties van de aanvragen?*

1. Methode van onderzoek

Na het opstellen van de probleemstelling en de daartoe behorende vraagstellingen is een duidelijk plan van aanpak gemaakt. Hierin is besloten om te starten met een inventarisatie van de afdeling nucleaire geneeskunde en de CT-systemen in het CZE. Daarnaast wordt ook direct gestart met een literatuurstudie naar de indicaties voor SPECT-CT.

1.1 Inventarisatie

Een korte inventarisatie van de afdeling nucleaire geneeskunde is noodzakelijk om aan te tonen dat een SPECT-CT daadwerkelijk een verbetering van de diagnostische waarde geeft voor de afdeling en het ziekenhuis. Dit onderzoek is gericht op het CT-systeem behorende bij de SPECT-CT camera. Daarom is ook onderzocht wat de CT-capaciteit van het CZE op het moment van onderzoek is.

1.2 Indicaties

Een literatuurstudie naar de indicaties voor SPECT-CT onderzoek is uitgevoerd om te kijken wat het voordeel is van aanvullend CT onderzoek. Daarnaast is bekeken welke indicaties en daarbij behorende onderzoeken het meest aangevraagd worden op de afdeling. Aan de hand van de jaarcijfers en de meerwaarde van SPECT-CT zijn de meest belanghebbende specialisten aangetoond.

1.3 Specialisten

Na het vaststellen van de meest belanghebbende specialisten voor de afdeling nucleaire geneeskunde in het CZE, is besloten om al deze specialisten aan te schrijven en te interviewen. Deze specialisten is gevraagd naar hun mening over de meerwaarde van SPECT-CT.

1.4 Pakket van eisen

Naar aanleiding van de resultaten van de literatuurstudie en de gesprekken met de specialisten is een pakket van eisen opgesteld voor het CT-systeem behorende bij de SPECT-CT camera. Al deze eisen en specificaties zijn gebaseerd op de functionele eisen per vakgebied. Deze eisen bevatten alle onderzoeken die uitgevoerd moeten kunnen worden met de SPECT-CT camera.

1.5 De verschillende SPECT-CT systemen

Voor dit onderzoek zijn de drie grootste leveranciers van SPECT-CT systemen aangeschreven om informatie op te vragen. Deze drie grootste fabrikanten zijn Philips, Siemens en GE. De informatie over de systemen is benodigd om de specificaties van de systemen naast de eisen van het pakket van eisen te leggen. Aan de hand van dit pakket van eisen zijn ook de grootste verschillen tussen de systemen eenvoudig in kaart te brengen. Dit pakket van eisen geeft aan welk systeem hieraan voldoet.

1.6 Andere nucleaire afdelingen

Naast de technische eisen en specificaties zijn in dit onderzoek ook de gebruikerservaringen van laboranten van andere afdelingen meegenomen. Per fabrikant zijn twee afdelingen bezocht die een SPECT-CT camera in gebruik hebben. Op deze afdelingen zijn interviews gehouden met één of twee laboranten die vooral met deze camera werken. In deze interviews is gevraagd naar gebruiksvriendelijkheid van de userinterface, de service van de fabrikanten en de voor- en nadelen van de apparatuur.

1.7 Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van het pakket van eisen en alle informatie uit de literatuurstudie, de aangeleverde informatie van de fabrikanten en de gebruikerservaringen van andere afdelingen, wordt een score toegekend aan elk systeem. Aan de hand van deze scores zullen conclusies en aanbevelingen geschreven worden voor de afdeling nucleaire geneeskunde in het CZE.

2. Inventarisatie

Om een duidelijk beeld te verkrijgen van het ziekenhuis en de afdeling nucleaire geneeskunde is een korte inventarisatie gemaakt van de nucleaire afdeling en de CT-systemen in het CZE. Op deze manier wordt duidelijk dat een SPECT-CT daadwerkelijk een verbetering van de diagnostische waarde geeft voor de afdeling en het ziekenhuis. Omdat dit onderzoek gericht is op het CT-systeem behorende bij de SPECT-CT camera, is ook onderzocht wat de CT capaciteit van het CZE op dit moment is.

2.1 Het ziekenhuis

Het Catharina Ziekenhuis in Eindhoven is een groot perifeer opleidingsziekenhuis. In dit ziekenhuis werken ruim 3000 mensen. Naast de reguliere basisfuncties, biedt het ziekenhuis op meerdere aandachtsgebieden topklinische zorg. Speerpunten van het ziekenhuis zijn onder andere cardiologische ritmediagnostiek en -behandeling, interventiecardiologie, cardiothoracale chirurgie, hemodialyse, in vitro fertilisatie en radiotherapie.

Bovendien vervult het ziekenhuis een centrum- of doorverwijsfunctie op het gebied van onder meer longziekten, vaatchirurgie, gynaecologische en urologische oncologie en oncologische chirurgie.

Centraal in deze topklinische zorg staat een arsenaal aan diagnostische beeldvormende technieken, welke de aanvrager en chirurg de benodigde informatie geeft over de diagnose, stadiëring en operabiliteit van het ziekteproces. Voortschrijdend inzicht leert dat bij deze diagnostische methoden informatie over morfologische veranderingen moeten worden gecombineerd met het metabool gedrag van het ziekteproces. Hybride camera's, waarin deze twee modaliteiten worden gecombineerd, hebben duidelijk meerwaarde (onder andere PET-CT (Positron Emission Tomography - Computed Tomography) en SPECT-CT).

2.2 De afdeling nucleaire geneeskunde

Één van de diagnostische afdelingen in het Catharina Ziekenhuis is de afdeling Nucleaire geneeskunde. Dit is een afdeling van gemiddelde grootte. Deze afdeling beschikt over:

- Drie onderzoeksruimtes voor conventionele single photon gammascintigrafie
- PET-CT onderzoeksruimte
- Voorbereidingsruimtes
- Ergometrieruimte ten behoeven van inspanningsgebonden myocardperfusieonderzoek
- Administratie
- Artsenkamers
- Verslagleggingruimte

De afdeling met de therapiekamers (0-west) wordt buiten beschouwing gelaten.

2.2.1 Personeel

Het diagnostisch onderzoek wordt uitgevoerd door elf medisch nucleair werkers op deze afdeling, zij zijn bevoegde MBB-ers. Ook werken er op deze afdeling vijf nucleair geneeskundigen (waarvan 3 in deeltijd). Zij zijn verantwoordelijk voor het accorderen van de aanvragen van de specialisten, de verslaglegging en diagnosestelling.

Daarnaast is er een klinisch fysicus en een klinisch fysicus in opleiding (KLIFIO) verbonden aan de afdeling. Zij zijn verantwoordelijk voor de kwaliteit van de apparatuur en de stralingshygiëne.

Personeel van de technische dienst (TD) zorgt voor het oplossen van problemen met de apparatuur.

2.2.2 De apparatuur

De op de afdeling aanwezige apparatuur:

- Enkelkops-gammacamera (Siemens E.cam)
- Dubbelkops-gammacamera (Siemens E.cam)
- Dubbelkops-gammacamera (Siemens E.cam)
- PET-CT-camera (Philips Gemini PET-CT GXL)

Één van de dubbelkopscamera's, gedateerd uit 2000, vertoont de laatste tijd erg veel mechanische problemen. Dit zorgt ervoor dat de dubbelkopscamera niet altijd juist meer functioneert. De levensduur van de gammacamera is circa 10 jaar, daarom wordt overwogen om deze te vervangen in 2011. Het systeem dat hiervoor in de plaats komt, moet minimaal dezelfde specificaties hebben als de oude SPECT-camera en moet perspectief bieden voor de afdeling. Daarom wordt overwogen om een SPECT-CT systeem aan te schaffen.

2.3 CT systemen Catharina ziekenhuis

Om aanbevelingen te kunnen doen voor het CT-systeem bij de SPECT-CT camera is het belangrijk om te weten welke CT-scanners al in gebruik zijn in het CZE. Aan de hand hiervan kan gekeken worden wat de capaciteit op dit moment in het ziekenhuis is. In een later stadium van het onderzoek wordt gekeken naar de verschillende SPECT-CT-systemen die op dit moment te verkrijgen zijn, en welk systeem het best past bij de vraag van het ziekenhuis, rekening houdend met de aanwezige CT-capaciteit.

De belangrijkste specificaties voor dit onderzoek van de verschillende bestaande systemen worden hieronder beschreven. In april 2010 is ook een 256 slice CT-scanner geplaatst op de EHBO. Deze wordt verder niet meegenomen in dit onderzoek.

2.3.1 Brilliance 64 slice Philips

Op de afdeling radiologie is een Brilliance 64 slice CT-scanner van Philips geplaatst. De specificaties zijn verwerkt in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Specificaties Brilliance 64 slice CT van Philips op de afdeling Radiologie

Specificaties	Brilliance 64 slice Philips
Aantal kanalen	64
Collimatie	0.625, 1.25, 2.5
Vermogen	Max 60 kW
Max coverage	40 mm
Max FOV	50 tot 500 voor alle resoluties met uitzondering van UHR 25 tot 250 voor UHR
Kv	80, 120, 140
mA-max	500
Rotatietijd	0,43 sec
Gantryopening	70 cm
Focal spot	DFS: Dynamical focal spot, bewegende anode in de axiale richting.
Afdeling	Radiologie
Reden van Aanschaf	Vannwege de diagnostische waarde voor verschillende CT onderzoeken.

2.3.2 iCT 128 slice Philips

Een tweede CT-scanner op de afdeling radiologie is de iCT CT-scanner van Philips. De specificaties van deze CT-scanner zijn te vinden in tabel 2.2.

Tabel 2.2: Specificaties iCT 128 slice CT van Philips op de afdeling Radiologie

Specificaties	iCT
Aantal kanalen	128
Collimatie	0.625, 1.25
Vermogen	Max 120kW
Max coverage	80 mm
Max FOV	500
Kv	80, 120, 140
mA-max	1000
Rotatietijd	0,27 sec
Gantryopening	72 cm
Focal spot	DFS: Dynamical focal spot, bewegende anode in de axiale richting. ZFS: Z-dynamical focal spot, bewegende anode zowel in de axiale als in de z- richting. De maximale coverage in de z-richting is 8 cm. 128 kanalen van 0.625 mm met ZFS, $128 \times 2 = 256$ metingen in de z-richting.
Afdeling	Radiologie
Reden van Aanschaf	De mogelijkheid om 8 cm te scannen in 1 rotatie met hoge resolutie. Dit was de belangrijkste reden voor de aanschaf. Het CZE is onder andere gespecialiseerd in cardiologie en met deze techniek is het mogelijk om snel te scannen en bewegingsartefacten te reduceren.

2.3.3. Brilliance 16 Big Bore

De afdeling radiotherapie gebruikt vooral voor de planning van bestralingen de Brilliance 16 Big Bore van Philips. De specificaties van deze CT-scanner zijn te vinden in tabel 2.3.

Tabel 2.3: Specificaties Brilliance 16 Big Bore van Philips op de afdeling Radiotherapie

Specificaties	Brilliance 16 Big Bore
Aantal kanalen	16
Collimatie	0.75, 1.5, 3.0
Vermogen	Max 60 kW
Max coverage	24 mm
Max FOV	600 mm (700mm extended)
Kv	90, 120, 140
mA-max	500
Rotatietijd	0,44 sec
Gantryopening	85 cm
Focal spot	DFS: Dynamical focal spot, bewegende anode in de axiale richting.
Afdeling	Radiotherapie
Reden van Aanschaf	De reden van de aanschaf is het vermogen om patiënten met een wigplank te scannen door een grotere gantryopening van 85 cm. Door een CT-scan te maken met een wigplank kun je dezelfde houding simuleren als op het bestralingstoestel.

2.3.4 Gemini PET-CT GXL

De afdeling nucleaire geneeskunde heeft tenslotte de Gemini PET-CT GXL scanner van Philips. De specificaties van deze CT-scanner zijn te vinden in tabel 2.4.

Tabel 2.4: Specificaties Gemini PET-CT GXL van Philips op de afdeling nucleaire geneeskunde

Specificaties	Gemini PET-CT GXL
Aantal kanalen	16
Collimatie	0.6, 0.75, 1.5, 3.0, 4.5
Vermogen	Max 60 kW
Max coverage	24 mm
Max FOV	250, 500 mm
Kv	90, 120, 140
mA-max	20-500
Rotatietijd	0,5 sec
Gantryopening	70 cm
Focal spot	DFS: Dynamical focal spot, bewegende anode in de axiale richting.
Afdeling	Nucleaire geneeskunde
Reden van aanschaf	Uitbreiding van onderzoeken op de afdeling nucleaire geneeskunde, voornamelijk voor de oncologie.

3. Indicaties en specialismen

3.1 Techniek

De eerste hybride techniek was de PET-CT. Deze was een enorm succes. Een logisch vervolg hierop is de opkomst van de SPECT-CT. Verder bouwend op het wetenschappelijke en commerciële succes van de PET-CT, werd een analoge technologie voor de conventionele single photon gammascintigrafie ontwikkeld, de SPECT-CT. Ook hierbij zal de combinatie van de functionele informatie van SPECT aangevuld met die van de anatomische informatie van de CT-scan resulteren in een betere diagnosestelling.

De CT-scanner is een type gelijk aan een CT-scanner die ook te vinden is op de afdeling radiologie. In principe kan de informatie van het CT-systeem gebruikt worden voor het lokaliseren van het onderzochte ziekteproces en voor correctie van weefselattenuatie. De resolutie van de CT-component bepaalt in hoeverre deze ook bijdraagt aan de diagnosestelling van het ziekteproces. Voor lokalisatie en attenuatiecorrectie volstaat een CT met een lagere stralingsdosis in plaats van een CT die gebruikt wordt voor diagnostische CT onderzoeken. Bij SPECT-CT onderzoek worden in principe geen intraveneuze contrastmiddelen voor het CT-onderzoek gebruikt.

Bij de SPECT-CT techniek wordt dus de hoge sensitiviteit van het conventionele scintigrafische onderzoek (planair en SPECT) gecombineerd met het lokaliserend en karakteriserend vermogen van de CT. Dit resulteert in een hoge specificiteit van de diagnosestelling.

De toegevoegde informatie van de CT aan de nucleaire SPECT-beelden en interpretatie zijn:

1. De exacte anatomische locatie van het letsel
2. De vorm en afmetingen van het letsel
3. De structurele aspecten van het letsel ⁴

Omdat SPECT-CT een nieuwe technologie is, neemt het aantal indicaties hiervoor nog steeds toe. Aan de hand van het jaarverslag uit 2009 van de afdeling nucleaire geneeskunde is geïnventariseerd welke onderzoeken op dit moment aangevraagd worden. Met hulp van mw. dr. M. Edelbroek zijn bij de onderzoeken de juiste indicaties beschreven (voor een lijst van deze indicaties met een korte beschrijving, zie bijlage 1). Voor een aantal van deze onderzoeken zal de toegevoegde waarde van de CT laag zijn (onder andere maagledigingsstoornis), de frequentie van andere onderzoeken is dermate laag (onder andere biliaire atresie) dat de toegevoegde waarde ook minimaal zal zijn (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1: Indicaties voor nucleaire onderzoeken in het CZE

Groep	Indicatie
Lymfe + infectie	Lymfoedeem Sentinel Node (mamma, melanoom, vulva, cervix, endometrium, penis, hoofd/hals) Lymfoom, chronische infectie
Centraal zenuwstelsel	Parkinsonisme Maligniteit Perfusiestoornis
Endocrinologie	Bijschildklier Schildklier (koude nodus, hete nodus, schildkliercarcinoom)
Hart- en vaatziekten	Ischemie Ca-score (CAD) Rechts-links shunt LVEF (cardiaal en monitoring effect van chemotherapie) Vorbereiding ICD
Longziekten	Longembolie Longen links-rechts perfusieverhouding
Maag/darm	Gastro-intestinale bloeding Maagledigingsstoornis Biliaire atresie Stoornis speekselproductie of afvoer Stoornis nasaal mucocilair transport Bepaling functie, afvloed

Nieren	Bepaling parenchymdefecten
	Bepaling vesico-ureterale reflux
Lever & milt	Bijmilt
Skelet	Botmetastasen
	Artrose
	Fractuur
	Pseudo-artrose
	Ontsteking
	TKP (Totale Knie Prothese)
	THP (Totale Heup Prothese)
	Osteoid osteoom
	OD-haard (Osteochondritis Dissecans - haard)
	Kruisbandletsel

3.2 Meerwaarde SPECT-CT

Per specialisme wordt onderzocht bij welke indicaties SPECT-CT een meerwaarde biedt. Alle indicaties met hun meerwaarde bij SPECT-CT onderzoeken worden hieronder uitgebreid beschreven.

3.2.1 Pulmonologie

Een voordeel van SPECT-CT is een betere scintigrafische diagnostiek van longembolieën. De diagnose van longembolie kan door de hoge sensitiviteit gesteld worden met behulp van een ventilatie-perfusiescan, waarbij de SPECT opnames van de longventilatie (radioactiviteit in de luchtwegen) worden gecombineerd met de SPECT opnames van de longperfusie (radioactiviteit in de bloedvaten).

Kenmerkend voor een longembolie is een regionaal defect aan de longperfusie, maar met een nog goede ventilatie. Door het combineren van de ventilatie- en perfusieopnames met de opnames van de CT-scan kan deze zogenaamde 'mismatch' getoetst worden aan de bevindingen op de CT-scan, en zo mogelijk nog meer informatie en bijkomende pathologie aan het licht brengen (zoals infiltraat, pleuravocht etc.). Het is echter de vraag of de meerwaarde van SPECT-CT onderzoek hoger is dan die van de nu routinematig uitgevoerde diagnostische CT-angio bij de indicatie longembolie.

Door de hoge sensitiviteit (91%) en specificiteit (92%) kan SPECT-CT ook gebruikt worden bij het opsporen van longcarcinomen.⁴

3.2.2 Cardiologie

Coronary Artery disease (CAD)

Myocardperfusie imaging (MPI) heeft in het verleden al bewezen een grote meerwaarde te hebben bij het aantonen van de significantie van coronaire stenosen. Ondanks de grote diagnostische waarde heeft deze methode van onderzoek last van artefacten zoals beweging van de patiënt, activiteit en verzwakking vanuit omliggend weefsel. Verzwakking treedt vooral op bij vrouwen met wat forsere mammae en mannen met een stevig postuur. Bij vrouwen uit zich dit in een artificieel 'defect' in de anteriorwand en bij mannen meer in de inferiorwand. Uiteindelijk kunnen de artefacten leiden tot een onderschatting van de afwijking en soms wordt zelfs CAD gemist.^{1,2}

Om te corrigeren voor de ten gevolge van weefselverzwakking ontstane 'defecten' kan bij SPECT-CT gebruik gemaakt worden van een op CT-gebaseerde attenuatiecorrectie (CTAC). In het verleden is onderzoek gedaan om met externe radionucliden voor de verzwakking te corrigeren, maar dit heeft geleid tot teleurstellende resultaten. Bovendien is het tijdrovend. De CTAC daarentegen zorgt voor een hoge resolutie, hoge count rate en attenuatiemappen met weinig ruis om de diagnostische waarde te verbeteren.^{1,2}

CT coronary angiografie

CT coronary angiografie (CTCA) met minimaal 64-detector multislice spiraal CT geeft een hoge spatiële en temporele resolutie en wordt in toenemende mate gebruikt voor het aantonen van stenosen in de coronairen. Artefacten ten gevolge van het in situ zijn van stents wordt, door aanpassing van de software steeds minder storend. Het is echter essentieel om de functionele betekenis van de geconstateerde stenose te kennen. Immers, het is gebleken dat het dotteren van niet-significante stenosen geen meerwaarde heeft voor de patiënt en zelfs kan leiden tot verhoogde sterfte. ^{1,2,40}

SPECT-CTCA combineert de gedetailleerde anatomische informatie van het coronaire vatenstelsel met de perfusie-gerelateerde activiteitsopname van de SPECT-scan, waardoor een uitspraak kan worden gedaan over de ernst en functionaliteit van de stenose. Een bijkomend voordeel is dat deze techniek niet-invasief is en makkelijk uit te voeren. De sensitiviteit en specificiteit van SPECT-CTCA is 96% en 95%. Voor stand-alone CTCA is dit 84% en 74% voor het aantonen van coronaire laesies.

De toevoeging van CTCA kan vals-negatieve uitkomsten van het scintigram voorkomen in gecompliceerde three-vessel diseases, waarbij sprake kan zijn van gebalanceerde ischemie. ^{1,2}

Ca-score (Calcium-score)

Artherosclerose in de coronaire vaten kan gequantificeerd worden met de calciumscore met behulp van de CT scan. Begin jaren '90 is deze methode ontwikkeld met behulp van metingen met electrobeam-tomografie. De techniek is inmiddels aangepast en de metingen kunnen tegenwoordig met multislice-CT gedaan worden. Door de Ca-score te meten kan men bepalen hoe de plaqueontwikkeling is in de coronaire vaten. Tevens kan het een maat zijn voor de arterosclerotische ontwikkeling in de rest van de vaten van het lichaam. De Ca-score is gebaseerd op het bepalen van de densiteit in de coronaire vaten en wordt uitgedrukt in Hounsfield Units (HU). De mate van atherosclerose wordt onderverdeeld in 4 groepen met een oplopende score voor het proces: 1 voor 131–199 HU, 2 voor 200–299 HU, 3 voor 300–399 HU, en 4 voor >400 HU. Visueel wordt de coronaire verkalking ook gecategoriseerd in milde (minimaal), gematigde, en duidelijke (uitgebreide) graden van voorkomen. ^{1,2}

3.2.3 Orthopedie

SPECT-CT bij het opsporen van benigne botpathologie

Op het gebied van orthopedie stijgt, door de nieuwe technologie van SPECT-CT, het aantal indicaties voor dit hybride onderzoek. Bij veel verschillende indicaties op het gebied van benigne botpathologie biedt de techniek zeker een meerwaarde. Enkele voorbeelden zijn:

- Planaire skeletscintigrafie staat bekend om zijn hoge sensitiviteit, maar lage specificiteit voor verschillende botpathologieën. Bovendien kunnen niet metabool actieve processen gemist worden op de skeletscintigrafie (bijvoorbeeld osteolytische botmetastasen). Met behulp van SPECT-CT kan gedifferentieerd worden tussen verschillende letsels b.v. in de wervelkolom, zoals onder andere spondylolysis, facetartrose, en facetartritis.
- SPECT-CT biedt ook meerwaarde bij persisterende pijnklachten na spinale fusie. Er kan beter gedifferentieerd worden tussen loslating van het osteosynthesemateriaal, stressfracturen, pseudo-arthrose, of secundaire overbelastingsletsels in de omgevende wervels zoals facetartrose en osteochondrose.
- Ook voor pijnklachten in de omgeving van osteosynthesemateriaal in de schouders, heupen, knieën en enkels blijkt SPECT-CT bijzonder waardevol.
- Bij skeletscintigrafie was men al in staat een goed onderscheid te maken tussen recente en oude fracturen. De komst van de SPECT-CT techniek laat nu ook toe om fracturen zeer accuraat te lokaliseren. Dit is bijvoorbeeld gebleken bij fracturen van de handwortelbeentjes.
- In de voeten zijn er vaak geen moeilijkheden om aan de hand van planaire scintigrafieën de diagnose van stressfracturen van metatarsalen of de diagnose van sesamoiditis te stellen. Voor de tarsale botten is het echter veel moeilijker om zonder morfologische beeldvorming de juiste lokalisatie en de aard van de afwijkingen te bepalen. Door de combinatie van SPECT met CT kan men een onderscheid maken tussen degeneratieve aandoeningen, stressletsels, osteochondritis dissecans, osteoid osteoma en andere in de tarsus, wat leidt tot een betere diagnose. ^{2,4,5}

SPECT-CT bij het opsporen van maligne botpathologie

Al meer dan 30 jaar wordt botsintigrafie vooral gebruikt voor de detectie van kwaadaardige botletsels, met name botmetastasen. Accurate opsporing of uitsluiting van botmetastasen is belangrijk voor de (re)stadiëring, therapieplanning en prognose van verschillende typen kwaadaardige tumoren. De meeste botmetastasen komen voor in de wervelkolom en het bekken door de aanwezigheid van een relatief grote hoeveelheid rood beenmerg. Het is echter ook net in dit deel van het skelet dat uitgesproken degeneratief lijden en impressiefracturen de diagnose van maligne botletsels kan bemoeilijken.

Planaire botsintigrafie heeft bij de meeste tumoren een hoge sensitiviteit voor het opsporen van botmetastasen. Bovendien wordt, met dezelfde stralenbelasting, een overzicht gemaakt van het gehele skelet. Het uitvoeren van een tomografisch onderzoek (SPECT) verhoogt de sensitiviteit en specificiteit, maar blijkt vaak onvoldoende om met zekerheid de diagnose van botmetastasen te kunnen vaststellen. Ten gevolge van de lage specificiteit van de planaire botsintigrafie moet in geval van een positieve botscan bij een aantal scans aanvullend radiologisch onderzoek uitgevoerd worden (vaak een CT of MRI (Magnetic Resonance Imaging)) om te kunnen differentiëren tussen goedaardige of kwaadaardige letsels in de wervelkolom. Dit is erg omslachtig en zorgt vaak voor onnodig tijdverlies en psychische stress bij patiënten.

Uit onderzoek is gebleken dat fusie van SPECT- en CT-beelden superieur is aan SPECT alleen of aan een visuele correlatie van SPECT en de afzonderlijk genomen CT-beelden.

In sommige gevallen zal het echter nog steeds nodig zijn om een botbiopsie uit te voeren, om meer zekerheid te geven omtrent de histologische aard van het als verdacht beschouwde botletsel. SPECT-CT is in dit geval wel bruikbaar voor het aangeven van de meest geschikte plaats voor biotering. ^{2,4,5}

3.2.4 Endocrinologie

Schildklier

Scintigrafie van de schildklier is vaak lastig te beoordelen en te interpreteren door de vaak totale afwezigheid van anatomische herkenningspunten. Het toegediende jodium wordt namelijk alleen door functioneel schildklierweefsel opgenomen en niet door omliggende organen. SPECT-CT zal hier de diagnostische bijdrage kunnen leveren door het aanbrengen van anatomische lokalisatie.

I-131 SPECT-CT bij gedifferentieerd schildkliercarcinoom

Bij patiënten met gedifferentieerd schildkliercarcinoom wordt in de postoperatieve fase een speurdosis scintigrafie met I-123 of I-131 uitgevoerd om eventuele aanwezige schildklierresten of metastasen zichtbaar te maken. Onderscheid en lokalisatie van lymfekliermetastasen kan soms problematisch zijn door interferentie van de straling van een forse schildklierrest, fysiologische opname in de speekselklieren of nasopharynx, het gebrek aan resolutie en anatomische informatie. Fysiologische tracerstapeling in maagmucosa, borstweefsel etc kan ook de interpretatie beïnvloeden. Anderzijds heeft CT een relatief lage sensitiviteit voor het opsporen van deze schildklierresten of metastasen.

De combinatie van SPECT met CT levert een diagnostische modaliteit met hoge sensitiviteit en hoge specificiteit. Zo kunnen aan de hand van SPECT-CT de op de scintigrafie zichtbare residuen of metastasen niet alleen gelokaliseerd worden, maar wordt het ook mogelijk om fysiologische tracerstapeling te onderscheiden van pathologische tracerstapeling. ²

SPECT-CT bij het opsporen van bijschildklier adenomen

Uit onderzoek is gebleken dat 85% van de gevallen van primaire hyperparathyroïdie wordt veroorzaakt door een solitair adenoom, dat chirurgisch verwijderd kan worden. Een correcte lokalisatie van dit adenoom is dan ook erg belangrijk. Vaak kan ook met behulp van echografie of een CT-scan geen onderscheid gemaakt worden tussen een gewone bijschildklier en een adenoom.

In de loop van de jaren is men bij de scintigrafie overgegaan van planaire beeldvorming naar tomografische beeldvorming (SPECT), wat geresulteerd heeft in een verhoogde sensitiviteit en een betere driedimensionale lokalisatie. Ook het gebruik van een vroege en late opname heeft de sensitiviteit verhoogd. Uit recente studies blijkt dat het combinatieonderzoek SPECT-CT de lokalisatie van een bijschildklieradenoom nog verder verbetert, vooral bij de diep gelegen en ectopische

adenomen. Door deze correcte lokalisatie met behulp van SPECT-CT wordt de chirurgische benadering aanzienlijk meer gericht en vergemakkelijkt. ^{4,5,6}

3.2.5 Bloed, infectie, tumor

Leukocytsintigrafie

Ontstekingen zijn een belangrijke oorzaak van morbiditeit en mortaliteit, en een nauwkeurige lokalisatie kan erg moeilijk zijn. CT en MRI verstrekken morfologisch uitstekende kwaliteit, maar zijn vaak niet-diagnostisch, omdat de structurele veranderingen niet specifiek zijn, of pas in een laat stadium zichtbaar zijn.

De Nucleaire geneeskunde heeft een rijke geschiedenis in ontstekingscintigrafie. Inflammatoire processen kunnen opgespoord worden met behulp van gelabelde leucocyten, Gallium-67, Tc-99m of In-111-H.I.G., met Tc-99m-gelabelde antigranulocyten MoAb, Tc-99m-gelabeld ciprofloxacin. 111-In-biotin heeft een hoge diagnostische waarde bij de precieze anatomische lokalisatie van vertebrale en para-vertebrale ontstekingen. ²

Recent verdient 18-F-FDG-PET de voorkeur bij een aantal ontstekingsprocessen en febris e.c.i. (e causa ignota). De meest toegepaste ontstekingscintigrafie in afdelingen, die niet beschikken over een PET-CT camera, zijn de gelabelde leucocyten (111-In-oxine- of 99mTc-hexamethyl propyleenamine oxime (HMPAO)-gelabelde autologe leukocyten). Bij een afdeling, die beschikt over een PET-CT-camera wordt het gebruik van gelabelde leucocyten voorbehouden voor opsporing van geïnfecteerde orthopedische prothesen. Bij deze vraagstelling zal de toepassing van SPECT-CT het lokaliseren van de ontstekingshaard faciliteren. ²

Sentinel node (SN)

Het bepalen van de lymfklierstatus bij het mammacarcinoom wordt reeds sinds 10 jaar onderzocht door middel van de schildwachtklier of sentinel node procedure. Deze procedure wordt ook uitgevoerd in combinatie met een re-excisie van het melanoom.

Bij deze techniek wordt het transport van Technetium-99m nanocolloid vanuit de tumorregio naar het meest nabij gelegen lymfklierstation gevisualiseerd en gemarkeerd. In combinatie met het pre-operatief visualiseren van de SN door middel van patentblauw wordt deze klier of klieren vervolgens verwijderd. Indien deze SN('s) na pathologisch onderzoek geen maligne cellen bevat(ten), kan met grote zekerheid vastgesteld worden dat er in de hoger gelegen lymfklieren geen metastasering is opgetreden en hoeven er verder geen lymfeklieren verwijderd te worden.

Voor het opsporen van de schildwachtklier in de oksel (voor mammacarcinomen) en in de lies (voor bijvoorbeeld melanomen van de onderste ledematen) is planaire scintigrafie, in combinatie met het preoperatief opsporen van de schildwachtklier met behulp van een probe, soms niet voldoende. Door het gebruik van een SPECT-CT, is de lokalisatie van de schildwachtklier exact te bepalen, alsook de vorm, het volume en de densiteit van de klier. Deze aspecten bieden meerwaarde wanneer de SN is gelokaliseerd dichtbij de injectieplaats. Daarnaast worden bijkomende schildwachtklieren in het licht gesteld. Al deze aspecten samen zullen ervoor zorgen dat de chirurg de schildwachtklier gemakkelijker zal kunnen vinden tijdens de operatie.

Bovendien kan SPECT-CT het mogelijk maken om de schildwachtklierprocedure toe te passen bij tumoren, waarbij de lymfklierdrainage diep ligt of een uitgebreid lymfkliernetwerk heeft (bij prostaat- en cervixcarcinomen), het mediastinum of de hoofd-halsregio (orofarynx-tumoren). ^{2,4,5}

Neuroblastoom en Pheochromocytoom

Voor het stellen van de diagnose en follow-up van pheochromocytoom is I-123-MIBG scintigrafie een goede onderzoeksmethode, vanwege de goede sensitiviteit van 87,5% en zeer hoge specificiteit van bijna 100%. Een ander veelgebruikt onderzoek hiervoor is CT met intraveneus contrast. Deze onderzoeksmethode heeft een hoge anatomische resolutie en een goede sensitiviteit van 92%, maar een onvoldoende specificiteit van 80%. Het combineren van deze twee onderzoeken resulteert dus in een hoge sensitiviteit, specificiteit én anatomische referentie. Een belangrijke beperking is echter dat het gebruik van intraveneus contrast bij patiënten met pheochromocytoom hypertensie kan veroorzaken, behalve als de patiënten behandeld worden met α -blockers.

De aanvulling van intraveneus contrast bij CT-onderzoek, verhoogt de anatomische referentie en zorgt voor een stijging van de diagnostische meerwaarde van de CT. Dit resulteert uiteindelijk in een betere interpretatie van de CT beelden. ³

3.2.6 Gebruik van jodiumhoudend contrastmiddel

De aanwezigheid van intraveneus contrast op CT beelden, als onderdeel van SPECT-CT onderzoek, heeft een nadelig effect op de attenuatiecorrectie. Daarnaast zullen hoge concentraties intraveneus contrast dat gebruikt wordt tijdens de CT acquisitie al uitgescheiden zijn zodra de SPECT acquisitie uitgevoerd wordt. Een oplossing voor dit probleem is het gesegmenteerd scannen van beelden. Ook kan gekozen worden om voorafgaand aan het SPECT-onderzoek een CT-scan zonder contrast te maken. Na het SPECT-onderzoek wordt dan een CT-scan met contrast uitgevoerd. ¹

3.3 Frequentie en weegfactor

Na de inventarisatie van de indicaties is aan de hand van het jaarverslag van 2009 bekeken wat de frequentie van de genoemde onderzoeken is. De frequentie is het aantal verrichtingen van het onderzoek gedeeld door het totaal aantal verrichtingen per jaar.

Daarnaast is het van belang om te weten wat de meerwaarde van SPECT-CT is, bij elk onderzoek met hun specifieke indicaties. Na de bevindingen uit de literatuur en in overleg met Mw. dr. M. Edelbroek is de toegevoegde waarde van SPECT-CT opgesplitst in vier niveaus:

- Geen meerwaarde = 0
- Zeer beperkte meerwaarde = 25
- Beperkte meerwaarde = 50
- Meerwaarde = 100

Met deze meerwaarde wordt een weegfactor berekend. Hiervoor wordt de frequentie van het onderzoek vermenigvuldigd met de toegevoegde waarde van CT. Door deze weegfactor te berekenen worden in verhouding de specialismen bepaald die de meeste inspraak hebben bij de aanschaf van de SPECT-CT.

In onderstaande tabel zijn de hoogste weegfactoren weergegeven. Hierin wordt SPECT myocard ergo en rust als één onderzoek beschouwd. (Voor een volledig overzicht van de onderzoeken met bijbehorende indicaties en meerwaarde van SPECT-CT, zie bijlage 2).

Tabel 3.2 Onderzoeken met de hoogste weegfactoren

Onderzoek	Indicatie	Meerwaarde SPECT-CT	Weegfactor	Specialisme
SPECT myocard ergo + rust	Ischemie	Attenuatiecorrectie Ca-score: min 6 slice CT-CAG: min 64 slice	20,02	Cardiologie, Cardiochirurgie
Skeletscintigrafie Total Body	Metastasen, Tumoren	Ja	18,63	Orthopedie, Chirurgie
Drie fasen Skeletscan	Ontsteking, tumoren, TKP, THP	Ja	12,74	Orthopedie, Chirurgie
Sentinel Node	SN-opsporing	Ja	7,58	Chirurgie, Gynaecologie
Schildklierscintigrafie 24h uptake	Berekening dosis therapie	Beperkt	4,28	Interne Geneeskunde, Chirurgie
Skeletscintigrafie partiëel	Artrose, TKP, THP	ja	3,67	Orthopedie, Chirurgie
Longperfusie	Longembolie; links-rechts verhouding	ja	3,13	Pulmonologie, Interne Geneeskunde

Na bepaling van de hoogste weegfactoren, kan geconcludeerd worden dat cardiologie, orthopedie, gynaecologie, chirurgie, interne geneeskunde en de pulmonologie de belangrijkste specialismen zijn om te interviewen over hun verwachtingen van een SPECT-CT.

4. Wens van specialisten

4.1 Benadering specialisten

Voor dit onderzoek is gekozen om interviews te houden met de specialisten die bij de inventarisatie van de nucleaire onderzoeken de hoogste weegfactoren hebben gekregen. Om aanbevelingen te doen voor de SPECT-CT is het van belang om te weten wat de vraag van de verschillende specialisten is. Aan de hand van deze interviews moet duidelijk worden of de specialisten in het CZE meerwaarde zien in een SPECT-CT onderzoek bij de specifieke indicaties. In overleg met Mw. Dr. Edelbroek is besloten om ook een longarts aan te schrijven in verband met de mogelijke meerwaarde van SPECT-CT bij de opsporing van een longembolie.

De belangrijkste specialismen zijn:

- Cardiologie
- Orthopedie
- Chirurgie
- Gynaecologie
- Interne geneeskunde
- Pulmonologie

In plaats van de internisten is gekozen om de nucleair geneeskundigen te interviewen. Zij zijn bekend met de scintigrafie op internistisch gebied.

Om de specialisten bekend te maken met de hybride beeldvormende techniek SPECT-CT is gekozen om een samenvatting te maken. Hierin is de techniek beschreven, een opsomming van indicaties voor een SPECT-CT onderzoek en de vraag of zij hun medewerking wilden verlenen. Deze samenvatting is terug te vinden in bijlage 3.

4.2 Reacties

In totaal zijn 43 specialisten aangeschreven, echter de respons was helaas minimaal. Daarom is uit noodzaak besloten om maar één specialist per specialisme te interviewen. Een eis hierbij is wel dat het een specialist betreft die gespecialiseerd is in de indicaties van zijn betreffende vakgebied waarbij SPECT-CT een meerwaarde heeft, zoals deze beschreven zijn in het hoofdstuk 3.

Na de keuze om één specialist te interviewen was het nog steeds niet mogelijk om een orthopeed of longarts te interviewen. Deze hebben gekozen om een enquête in te vullen. Voor de andere specialisten is een topiclijst opgesteld met daarin de belangrijkste onderwerpen voor het interview. De topiclijsten en enquêtes per specialisme zijn terug te vinden in bijlage 4.

4.3 Resultaten

De resultaten uit de interviews zijn per specialisme uitgewerkt. Hierbij is per indicatie gekeken of SPECT-CT een meerwaarde heeft voor de specialisten. Waar een uitleg is gegeven is dit uitgewerkt. Het totale overzicht staat in tabel 4.1.

4.3.1 Cardiologie

Volgens de cardioloog hebben voor de cardiologie de volgende indicaties een meerwaarde:

- Inspanninggebonden ischemie met CT-CAG
- Inspanninggebonden ischemie zonder CT-CAG

Bij de andere onderzoeken wordt geen voordeel van SPECT-CT gezien. Zoals in hoofdstuk 2 staat beschreven staan in het Catharina ziekenhuis al enige CT-systemen die aan deze eisen voldoen. Bij het maken van SPECT-CT beelden wil de cardioloog dan ook minimaal 64 slices ter beschikking hebben om dezelfde resolutie te behouden.

Hier moet opgemerkt worden dat bij de angio onderzoeken een hoge resolutie nodig is en dat men snel moet scannen, anders heb je last van de beweging van het hart.

Medio april 2010 is een nieuw CT-systeem in gebruik genomen die beschikt over 256 slices. Deze staat op de EHBO en op dit systeem zullen in de toekomst meer angio onderzoeken gedaan worden.

De cardioloog ziet niet veel meerwaarde bij het bepalen van de Ca-score op de SPECT-CT bij de vraagstelling ischemie. Het kan gebruikt worden bij het uitsluiten van ischemie als de Ca-score 0 is. Een afwijking daarentegen hoeft ook niet altijd te betekenen dat de patiënt ziek is.

4.3.2 Orthopedie

Vanwege drukte en afwezigheid van collega's op de afdeling orthopedie was het niet mogelijk om een orthopeed te interviewen. Deze arts heeft gekozen om een enquête in te vullen met de belangrijkste informatie. De orthopeed ziet een meerwaarde bij de volgende indicaties:

- Prothesen (TKP, THP)
 - Loslating (beperkt door storing CT door prothesemateriaal)
 - Infectie
- Artrodesen
- Post-traumatische aandoeningen
 - Fracturen
 - Kruisbandletsel (beperkt)
 - OD-haard
 - Non-union
- (Pre)oncologische aandoeningen
 - Osteoid osteoom
 - Botmetastasen
 - Bottumoren (beperkt)
- Overige
 - Osteomyelitis
 - AVN
 - Artrose
 - Handletsel
 - Voetletsel

Op de afdeling orthopedie wordt verwacht dat ongeveer $\frac{1}{3}$ van de onderzoeken een SPECT-CT zal krijgen ter aanvulling van het planaire onderzoek. Verder wordt verwacht dat een relatieve toename van de aanvragen zal plaatsvinden bij het onderzoek van hand- en voetletsel.

4.3.3 Chirurgie

De chirurgie kent vele specialisaties. Hierbij is gekozen om de belangrijkste aanvragers voor de indicaties van SPECT-CT te interviewen. Dit betreft een oncologisch chirurg en een trauma- en hoofd/halschirurg.

Oncologisch chirurg

De oncologisch chirurg vraagt voornamelijk SN-onderzoeken aan op dit moment, voornamelijk van het mammacarcinoom. Hierbij wordt een beperkte meerwaarde gezien. Doorgaans is goed te beoordelen om welke klier het gaat en op de OK (Operatie Kamer) wordt dit door middel van de kleuring met patentblauw ook duidelijk.

Bij SN-onderzoeken van het melanoom is zeker een meerwaarde. Bij bepaalde dieper gelegen structuren en bij de liezen dient de anatomische referentie als meerwaarde.

Met SN-onderzoek van het hoofd/halsgebied heeft de arts geen ervaring. Zij verwacht dat hier een beperkte meerwaarde zal zijn.

Als het mogelijk wordt om deze onderzoeken aan te vragen wordt hier zeker gebruik van gemaakt.

Trauma- en hoofd/halschirurg

Ook deze arts vraagt SN-onderzoeken aan. Bij een SN van een melanoom is volgens deze arts zeker een meerwaarde in verband met de juiste locatie van dieper gelegen klieren. Voor de SN van het mammacarcinoom wordt een beperkte meerwaarde gezien. Het geeft wel de mogelijkheid om gelokaliseerder te opereren, maar volgens de methode waarop het onderzoek nu wordt gedaan worden geen problemen ondervonden. Voor het hoofd/halsgebied wordt geen meerwaarde gezien. Bij onderzoek van de bijschildklier is zeker een meerwaarde. Vroeger werd vaak een echo gedaan in combinatie met een CT, dit leverde een lage sensitiviteit op. De anatomische en fysiologische informatie van de SPECT-CT geven daarom een grote meerwaarde in één onderzoek.

De SPECT-CT heeft ook zeker een meerwaarde bij onderzoek van het skelet.

4.3.4 Gynaecologie

Voor de gynaecoloog heeft elke genoemde indicatie een meerwaarde. Deze indicaties zijn:

- SN-vulva
- SN-cervixcarcinoom
- SN-endometriumcarcinoom

Deze arts ziet de grootste meerwaarde bij de SN van de vulva. Dit is het meest aangevraagde onderzoek is van deze specialist. Net als de andere artsen geeft hij aan dat de meerwaarde van het SN-onderzoek vooral tot uiting komt bij de dieper gelegen klieren. Met de andere SN-onderzoeken zoals van de cervix en endometrium heeft hij geen ervaring. Echter de resultaten van onderzoek van een collega uit Utrecht zijn positief. Wanneer hier meer over bekend is en de mogelijkheid leent zich om het onderzoek uit te voeren zal de arts hier zeker gebruik van gaan maken.

4.3.5 Interne geneeskunde

De onderzoeken waar een meerwaarde gezien wordt zijn:

- Bijschildklier
- Schildklier (I-131)
- Pheochromocytoom
- Neuro-endocriene tumoren

De bijschildklier levert mooiere beelden op door de combinatie van SPECT en CT. Hierdoor is het beeld beter te beoordelen.

Er is zeker meerwaarde bij de opsporing van lymfkliermetastasen en recidieven van het schildkliercarcinoom.

Bij follow-up en therapie van de schildklier wordt ook een meerwaarde gezien. Dit geldt niet wanneer met I-123 bepaald moet worden of een koude of een hete nodus aanwezig is, want daar is geen anatomie bij nodig. Voor andere benigne aandoeningen ziet de specialist ook geen meerwaarde van SPECT-CT onderzoek.

Onderzoek bij een pheochromocytoom heeft zeker meerwaarde. Zeker als een MIBG onderzoek wordt gecombineerd met de CT beelden is de diagnostische waarde toereikend.

Verder wordt er nog een beperkte meerwaarde gezien bij de stadiering van botmetastasen en ook voor een longembolie. De specialist heeft in de literatuur gelezen dat bij een longembolie een SPECT-CT onderzoek een meerwaarde kan hebben, maar heeft daar zelf nog verder geen ervaringen mee.

4.3.6 Pulmonologie

Door beperkte tijd op de afdeling pulmonologie, is ook door deze arts een enquête ingevuld. De arts ziet een beperkte meerwaarde bij:

- Longembolie
- Links- rechts perfusieverhouding
- Controle na reperfusie na antistolling.

In 2009 waren er totaal 127 perfusiescans van longen

- Ongeveer 50 voor controle reperfusie
- Ongeveer 50 voor links-rechts perfusieverhouding
- Ongeveer 30 voor longembolie

Het gebruik van de perfusiescan voor de diagnosestelling longembolie is ten gevolge van het routinematig gebruik van de multi-slice CT-angio drastisch verminderd. Nu wordt alleen de perfusiescan voor longembolie gebruikt bij een contra-indicatie voor intraveneus jodiumhoudend contrast (nierfunctiestoornis).

Alhoewel recent een aantal artikelen zijn verschenen, welke de verhoogde sensitiviteit en specificiteit aantonen door de toevoeging van SPECT- en CT-beelden zal deze techniek in de praktijk waarschijnlijk geen essentiële plaats meer kunnen innemen in de diagnostiek voor longembolie.

Tabel 4.1: Overzicht meerwaarde SPECT-CT volgens specialisten

Onderzoek	Indicaties	Meerwaarde SPECT-CT volgens specialist
CARDIOLOGIE		
<i>SPECT myocard ergo+rust</i>	Ischemie	Attenuatiecorrectie = Ja Ca-score = Nee CT-CAG = Ja, bij 64 of meer slices
<i>SPECT myocard rust(thallium)</i>	Ischemie, viabiliteit	Nee
<i>Li-re shunt/ re-li shunt</i>	ASD, VSD	Nee
<i>LVEF rust</i>	Voorbereiding ICD	Nee
	Monitoring effect CTx	Nee
ORTHOPEDIE		
<i>Skeletscintigrafie total body</i>	Metastasen, Tumoren	Ja
<i>Skeletscintigrafie partiël</i>	Artrose, TKP, THP	Ja
<i>Drie fasen skeletscan</i>	Ontsteking, tumoren, TKP, THP	Ja
<i>Skelet-SPECT</i>	Fractuur, pseudo-artrose, ontsteking	Ja
	TKP, THP	Beperkt
<i>Galliumscintigrafie</i>	Ontsteking	Nee
	Lymfoom, chronische infectie	Nee
<i>Leucocyten/HIG scintigrafie</i>	Ontsteking	Ja
GYNAECOLOGIE		
<i>SN vulva</i>	SN-opsporing	Ja
<i>SN endometrium</i>	Nog niet toegepast	Ja
<i>SN cervix</i>	Nog niet toegepast	Ja
ONCOLOGISCHE CHIRURGIE		
<i>Total body I-131 na therapie</i>	Hyperthyreoidie, schildklier carcinoom	Ja/Beperkt
<i>Total body I-131 diagnostisch</i>	Schildklier carcinoom	Ja/Beperkt
<i>SN mamma</i>	SN-opsporing	Beperkt
<i>SN melanoom</i>	SN-opsporing	Ja
<i>SN tumoren KNO-gebied</i>	Nog niet toegepast	Nee
<i>Lymfscintigrafie</i>	Lymfoedeem	Beperkt
INTERNE GENEESKUNDE		
<i>Bij schildklierscintigrafie</i>	Hyperfunctie adenoom	Ja
<i>Schildklierscintigrafie 3h uptake</i>	Hyperfunctie; koude nodus	Nee
<i>Schildklierscintigrafie 24h uptake</i>	Berekening dosis therapie	Nee
<i>MIBG total body</i>	Pheochromocytoom (tumoren in bijniermerg)	Ja
<i>I-123-octreotide</i>	Neuroendocriene tumoren	Ja
PULMONOLOGIE		
<i>Longperfusie</i>	Longembolie; links-rechts verhouding	Ja/Beperkt
<i>Longventilatie</i>	Longembolie	Ja/Beperkt

5. Pakket van eisen

Om aanbevelingen te doen voor de aanschaf van de SPECT-CT is in samenwerking met de klinisch fysicus in opleiding A. de Jong en nucleaire geneeskundige dr. M. Edelbroek een pakket van eisen opgesteld voor de SPECT-CT op de afdeling nucleaire geneeskunde in het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven. Het pakket van eisen is tot stand gekomen aan de hand van de vraag van de specialisten. Hierbij is gekeken naar de functionele eisen per vakgebied, de hardware, de software, de accessoires en de service van de fabrikant. Het pakket van eisen is te vinden in bijlage 5.

5.1 Doelstellingen

De doelstelling voor de gewenste nieuwe SPECT-CT camera is het streven naar een verhoging van de technische en diagnostische kwaliteit van de routine gammacamera onderzoeken. Ook het waarborgen van de kwaliteit, het plannen van onderzoeken en het aanpakken van nieuwe medische uitdagingen wordt gezien als een belangrijke doelstelling.

5.2 Functionele eisen per vakgebied

Door een analyse van de huidige gammacamera onderzoeken naar frequentie en verwachte meerwaarde van SPECT-CT zijn een aantal specialismen naar voren gekomen, waarna deze specialisten geïnterviewd zijn. In dit hoofdstuk is daarom aandacht besteed aan de indicaties en de daarbij behorende onderzoeken die uitgevoerd moeten kunnen worden met de SPECT-CT. Hier wordt zowel de acquisitiesoftware als bijbehorende post-processingsoftware bedoeld.

De specialismen zijn:

- Cardiologie
- Orthopedie
- Gynaecologie
- Chirurgie
- Interne geneeskunde
- Pulmonologie

5.3 Hardware

In het hoofdstuk over de hardware wordt ingegaan op de eisen voor de specificaties van het CT-systeem. Deze technische eisen en specificaties zijn onderverdeeld in drie categorieën:

- De gantry
- De röntgenbuis/generator
- Het detector systeem

De genoemde specificaties zijn gebaseerd op de onderzoeken welke vooral de keus waren van de specialisten. Per categorie is gekeken naar het verkrijgen van de beste onderzoeksbeelden voor de genoemde onderzoeken. Daarbij is natuurlijk de patiëntvriendelijkheid als één van de eerste punten meegenomen.

5.4 Software

Het hoofdstuk software is onderverdeeld in 2 categorieën:

- Beeldgeneratie en verwerking
- Overige software

5.4.1 Beeldgeneratie en verwerking

In deze categorie zijn eisen gesteld aan de software van de SPECT-CT om tot goed beoordeelbare beeldopnames en een goede verwerking daarvan te komen. Hierbij wordt onder andere gekeken naar een snelle beeldreconstructie, artefactreductie algoritmen, ECG triggering en compatibiliteit met het PACS-systeem.

5.4.2 Overige software

Hierin zijn eisen gesteld waar de software van de SPECT-CT verder nog meer aan moet voldoen, naast het genereren van beelden. Hierbij wordt gedacht aan mogelijkheden om (eerder gemaakte) opnames te kunnen fuseren en software voor kwaliteitcontroles.

5.5 Accessoires

Het hoofdstuk over de accessoires beschrijft welke accessoires aanwezig moeten zijn bij de levering van de SPECT-CT. Hierbij gaat vooral het om het comfort van de patiënt en de hulpmiddelen die het onderzoek optimaliseren, ook bij de onrustige patiënt. Elke patiënt moet met behulp van de juiste accessoires (zoals kussentjes en armsteunen) in de goede positie gebracht worden.

Hier staat ook veiligheid voorop. Daarom staan hier de minimale eisen beschreven om de veiligheid voor de patiënt te waarborgen.

5.6 Fabrikant

In het hoofdstuk over de fabrikant staat beschreven wat er van de fabrikant verwacht wordt. Dit is onderverdeeld in twee categorieën:

- Onderhoud en service
- Updates en upgrades

5.6.1 Onderhoud en service

Wat betreft 'onderhoud en service' zorgt de fabrikant voor preventief onderhoud, inclusief veiligheidsinspecties. Dit houdt in dat een controle uitgevoerd op het gebied van elektrische-, mechanische- en stralingsveiligheid. Daarnaast wordt een controle uitgevoerd op het gebied van functionaliteit en beeldkwaliteit. De afdeling in het CZE beschikt over een eigen technische dienst. De veiligheidsinspecties en eventuele storingen zullen in eerste instantie door eigen technici op de afdeling verholpen worden. Voor de afdeling moet hiervoor een passend onderhoudscontract opgesteld worden.

5.6.2 Updates en upgrades

Wat betreft de 'updates en upgrades' bij het nieuwe systeem, wordt alles uitgevoerd ter verbetering van dit systeem. De updates en upgrades zullen afhankelijk zijn wat de fabrikant voor de afdeling te bieden heeft. Daarnaast is het belangrijk voor de afdeling dat de updates en upgrades gecombineerd worden met het preventief onderhoud.

6. De verschillende SPECT-CT systemen

Om een goed beeld te krijgen van welke CT-systemen op de markt te verkrijgen zijn in combinatie met een SPECT systeem, is een productoverzicht gemaakt van de belangrijkste leveranciers op het gebied van SPECT-CT. Dit zijn:

Philips

- Brightview XCT
- Precedence 16

Siemens

- Symbia T/T2
- Symbia T6
- Symbia T16

GE

- Infinia Hawkeye 4
- Discovery NM/CT 670
- Discovery NM/CT 570c

Verzamelen gegevens

Voor het verzamelen van de gegevens is contact opgenomen met de verschillende firma's. Deze hebben een groot deel van de brochures en informatie opgestuurd, maar om een compleet beeld te krijgen van de systemen is gekozen om ook een interview te houden met de fabrikanten. Bij het interview heeft de fabrikant de mogelijkheid gehad om te vertellen welke systemen er op de markt zijn. Hierbij zijn de volgende punten aan de orde zijn gekomen:

- Systeemhardware
- Softwarepakketten
- Updates en upgrades
- Service en onderhoud
- Meerwaarde in vergelijking met andere fabrikanten

Pakket van eisen

Na het bezoek aan de fabrikanten is gekeken in hoeverre de systemen voldoen aan het pakket van eisen. Na het opstellen van het pakket van eisen is het mogelijk om waardes toe te kennen aan de verschillende eisen. De waardes variëren van 5 tot 1 punten. Dit betekent het volgende:

Tabel 6.1: Puntenverdeling pakket van eisen

Aantal punten	Betekenis
5	Knock-out: Dit is de minimale eis waar het systeem aan moet voldoen.
3	Eis: Belangrijke eis.
1	Wens: Dit is wenselijk, dus niet noodzakelijk.

De hardware en software zijn de belangrijkste aspecten als het gaat om de aanschaf van een nieuw SPECT-CT-systeem. Er is daarom gekozen om deze zwaarder mee te laten wegen in het pakket van eisen. Dit is gedaan door de punten die toegekend worden bij de eisen van de hard- en software te vermenigvuldigen met vijf. Daarnaast zijn de functionele eisen per vakgebied ook belangrijker dan de accessoires en de service van de fabrikanten. Daarom worden de functionele eisen met twee vermenigvuldigd. Uiteindelijk kan dan bepaald worden welk systeem het hoogste scoort.

Verschillende systemen

In de komende paragrafen zal de belangrijkste informatie van de verschillende systemen behandeld worden. Daarbij komen onder andere hun voordelen ten opzichte van de andere systemen aan bod, maar tevens worden hun zwakke punten behandeld. Deze specificaties komen uit de informatie die toegestuurd is door fabrikanten, aangevuld met informatie die met de interviews met hen verkregen is. Een uitgebreid overzicht van de specificaties is te vinden in bijlage 6.

6.1 Philips

6.1.1 Brightview xCT

De Philips Brightview xCT is een dubbelkops gammacamera met daartussen een röntgenbuis en flatpanel detector.

De collimatoren zijn voorzien van een elektromagnetisch veld, dat ervoor zorgt dat er zeer dicht bij de patiënt gescand kan worden. Dit is de enige SPECT-camera die op deze manier de patiënt contour bepaald, alle andere apparaten maken gebruik van infrarood.

Deze camera maakt als enige van alle bekeken camera's geen gebruik van een computertomograaf, maar van een flat panel detector.

De hele camera is te bedienen via het touchscreen panel dat aan de camera bevestigd is.



Figuur 1 - Philips Brightview xCT

Voordelen

- Co planair SPECT-CT scannen, dit betekent geen beweging van de patiënt tussen de CT-afbeeldingen en de SPECT-opnamen.
- De flatpanel detector geeft als voordeel dat de opening van de gantry erg groot is, namelijk 90 centimeter.
- Door gebruik van een flat panel detector in plaats van een CT-scanner, wordt een veel lagere dosis (in vergelijking met een multi slice CT) voor de patiënt bereikt.
- Door de flat panel detector is een groter FOV te gebruiken in 1 rotatietijd, namelijk 14cm.
- Het grote FOV geeft minder artefacten bij metaal dan multislice CT (bijvoorbeeld bij THP)
- De totale camera is net zo groot als een normaal SPECT-systeem en daardoor is weinig plek nodig om te installeren.
- Als de SPECT-CT geleverd wordt, wordt ook elke EBW (Extended Brilliance Workspace) geupgrade naar de nieuwe versie.

Beperkingen

- Door de trage rotatietijd van 12 seconden, is geen mogelijkheid voor een CT opname met contrast en een bepaling van de arteriele fase. De rotatie is traag, maar het totale systeem is wel snel omdat de flat panel detector in 1 rotatie 14cm kan scannen.
- Er kan geen calcium score bepaald worden.

Tabel 6.2 Algemene specificaties Philips Brightview xCT

Specificaties Algemeen	Philips Brightview XCT
Afmetingen Gantry (HxWxD)	210cm x 212cm x 97cm
Gantryopening	91,4cm

Tabel 6.3 Specificaties tafel Philips Brightview xCT

Specificaties Tafel	Philips Brightview XCT
Afmetingen LxB	243cm x 47,5cm
Afmetingen Pallet	212cm x 38,1cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	14cm per rotatie
SPECT scan lengte + UFOV	200cm + 40,6cm

Doelen van dit systeem

- Dezelfde flexibiliteit als een normaal SPECT-systeem
- Lage dosis in vergelijking met multi slice CT
- Attenuatiecorrectie geoptimaliseerd voor cardiac onderzoeken
- Geoptimaliseerd voor lokalisatie
- Ultrahoge resolutie (0,33 mm)

Flexibiliteit

Deze camera kan in vele standen geplaatst worden, waardoor voor elk onderzoek en elke patiënt een optimale scan gemaakt kan worden. Een extra grote opening van de gantry (91,4cm) is verkregen door het gebruiken van de flatpanel.

Lage dosis

Na vergelijking met eenzelfde scan op een kniephantoom, is gebleken dat de Brightview xCT een lagere dosis geeft dan een Brilliance 6 CT-scanner. Een Brilliance 6 CT-scanner geeft bij deze scan een dosis van 31mGy, daarentegen geeft de Brightview xCT een dosis van 5,8mGy.

Attenuatiecorrectie

De attenuatiecorrectie is geoptimaliseerd voor cardiac onderzoek. Er wordt een extra lage rotatietijd van 60 seconden gebruikt, waardoor een CT-scan ontstaat van een 'gemiddeld' hart. Een SPECT-opname van het myocard geeft ook een gemiddeld myocard weer. Er zijn veel bewegingen door de ademhaling. Door deze speciale attenuatiecorrectie te gebruiken ontstaan er minder artefacten bij het combineren van de SPECT en CT afbeeldingen.

Ultrahoge resolutie

Met de flat panel detector kan een ultrahoge resolutie behaald worden. Deze ultrahoge resolutie bestaat uit voxels met een grootte van $0,33\text{mm}^3$. Dit is een resolutie zoals deze verkregen wordt uit een high end CT. Daarnaast is dit een isotropisch voxel, wat ervoor zorgt dat er geen trapeffect optreedt.

De specificaties van de flatpanel detector zijn te vinden in onderstaande tabel.

Tabel 6.4 Specificaties Flatpanel Detector Philips Brightview xCT

Specificaties	Philips Brightview XCT
kVp	120 rotating anode
mA	5-80
Focal spot (IEC)	0,4mm
Spatiële resolutie	> 15lp/cm @ 10% MTF
Absorptie range	-1000 tot +3000 Hounsfield units
Slice dikte	Variabel van 0.33mm tot 2.0+mm
Max rotatie snelheid	12seconden voor 360° rotatie
Scan matrix	256 en 512

6.1.2 Precedence SPECT-CT – 16

De Philips Precedence SPECT-CT 16 slice, is een SKYlight SPECT-CT Camera met 2 detectoren, met daaraan een Brilliance 16 slice CT-scanner.

De Precedence is een robuust en betrouwbaar systeem dat is ontworpen om mee te groeien met de veranderende behoeften van de gezondheidszorg.

De combinatie van de 16-slice CT-scanner met de gammacamera maakt het mogelijk om complexe onderzoeken uit te voeren zoals een functionele myocardperfusie gecombineerd met een calciumscore en een CT-angiografie. Dit neemt veel werk weg van de cardiologen en laboranten, daarnaast worden al deze onderzoeken in één keer bij de patiënt gedaan, wat weer minder stress bij de patiënt oplevert.



Figuur 2 - Philips Precedence SPECT-CT-16

Voordelen

- De user-interface van de Precedence SPECT-CT is gelijk aan die van een normale Brilliance CT van Philips. Het enige wat anders is, is dat nucleaire onderzoeken zijn toegevoegd aan de standaard protocollen. Dit maakt het gemakkelijk om te werken met de Precedence als men al een keer gewerkt heeft met een Brilliance CT-scanner van Philips.
- Het is mogelijk om een bed te plaatsen tussen de tafel en de gantry. Dit maakt het mogelijk om een patiënt in bed te scannen.
- In vergelijking tot de Brightview xCT is de Precedence SPECT-CT wel in staat om met contrast te scannen en een arteriele fase te bepalen. Toch is 16-slice al aan de lage kant voor een CTAG.
- De scanlengte van deze camera is 190cm, wat het mogelijk maakt om ook lange mensen te scannen.
- Het is mogelijk om een calcium score bepaling te doen op de Precedence SPECT-CT.
- Een snellere diagnose met een grotere diagnostische zekerheid door middel van SPECT en CT, met attenuatiecorrectie op de nucleaire afbeeldingen.
- Hoge kwaliteit diagnostische CT voor standalone imaging.
- De Precedence SPECT-CT maakt gebruik van een attenuatiecorrectie die is geoptimaliseerd voor cardiac onderzoek. Deze combineert het functionele myocard perfusie onderzoek met de calciumscore en de CT angiografie.

Beperkingen

- De Precedence SPECT-CT is erg groot. De lengte van de camera bedraagt 610cm. Dit betekent dat een erg grote ruimte nodig is voor deze camera.

Tabel 6.5: Algemene specificaties Philips Precedence 16

Specificaties Algemeen	Precedence SPECT-CT - 16
Afmetingen Gantry (HxWxD)	267,3cm x 356cm x 610cm
Gantryopening	73cm (SPECT), 70cm (CT)

Tabel 6.6 Specificaties tafel Philips Precedence 16

Specificaties Tafel	Precedence SPECT-CT - 16
Afmetingen LxB	200cm x 40,6cm
Maximum belasting	195kg
CT scan lengte	168cm
SPECT scan lengte + UFOV	175cm + 38cm
Hybride scan lengte	175cm

Doelen van dit systeem

- Goede en snelle workflow
- Betere kwaliteit afbeeldingen

Snelle workflow

Door aanpassing van de software wordt gezorgd dat het systeem gemakkelijk in gebruik is. Het systeem gebruikt dezelfde userinterface als gebruikelijk is op de CT-scanners van Philips.

Om de workflow te bevorderen is gekozen voor een automatische acquisitie setup, een automatische collimatorcheck en veranderen van collimators.

Daarnaast is het mogelijk om zelf bewegingen in te stellen. Dit maakt het mogelijk om de patiënt sneller op de juiste positie te brengen (met de tafel), een snellere detector positionering en een snellere manier om de patiënt weer snel van tafel af te helpen.

Kwaliteitsverbetering afbeeldingen

De Philips Precedence maakt gebruik van de Jetstream acquisition workflow. Dit houdt in dat de kwaliteit van de SPECT-afbeeldingen beduidend verbeterd wordt. Daarnaast maakt Concurrent Imaging het mogelijk om elke data set een aparte matrix, zoom en mask en energie window te geven. Ook beschikt de Precedence over de 'Astonish' functie van Philips. Deze functie houdt in dat in dezelfde tijd een ultrahoge resolutie verkregen wordt voor de SPECT-afbeelding, of voor dezelfde kwaliteit kan in de helft van de tijd gescand worden.

De specificaties van de CT-scanner van de Precedence zijn te vinden in onderstaande tabel.

Tabel 6.7: Specificaties CT Philips Precedence 16

Specificaties CT	Precedence SPECT-CT - 16
Max number of slices/rotation	16
kV	90, 120, 140 kVp
mA	20 tot 500mA in 1mA increments
Focal spot (IEC)	Groot: 1.0mm x 1.0mm Klein: 0.5mm x 1.0mm
Spatiële resolutie	Ultra high mode: 20.0 lp/cm @ cut-off High mode: 16.0 lp/cm @ cut-off Standard mode: 13.0 lp/cm @ cut-off
Absorptie range	-1000 tot +3096 Hounsfield units
Max rotatie snelheid	0.5 seconden, 0,4 seconden
Scan matrix	512, 768 en 1024

6.1.3 Software

Standaard

De standaard software die geleverd wordt bij Philips wordt de NM application suite genoemd. Deze bezit de belangrijkste planaire, SPECT en QA (Quality Assurance) programma's. Deze bezit:

- Planair suite
- SPECT suite
- QA suite

Planair suite

Nieren, longen, bot / whole body, cardiac (First pass, shunt en MUGA), maag, lever, galblaas, slokdarm, schildklier / bijschildklier. De programma's zijn inclusief viewer. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om curves te maken en te bewerken.

SPECT suite

De SPECT suite werkt volgens een reconstructieschema met het doel om het aantal gebruikersinteracties door protocollen te minimaliseren. Eigenschappen in het programma zijn: bewegingscorrectie, MLEM, OSEM, CT-attenuatiecorrectie (CTAC). Optioneel is Astonish (resolution recovery).

QA-suite

Biedt verschillende programma's om NEMA-tests te doen, dagelijkse en periodieke QA.

Jetpack voor EBW

Jetpack is een pakket met programma's en applicaties die vooral in Europa gebruikt worden. Alle software van Philips wordt in Amerika ontwikkeld. Toch worden in Europa veelal andere onderzoeken uitgevoerd. Daarom is een extra aanvulling in Europa nodig. Deze applicatie is geheel geïntegreerd in het EBW patient database en DICOM services. Dit pakket bevat bijvoorbeeld ook het protocol voor een DAT-scan.

JETPack 1.2 bevat: Pick 4x3 (mogelijkheid om 3 SPECT-slice-sets in 1 keer af te beelden), Brain Regions, Brain Perfusion index, Brain Dopamine Transport, Qualitative Renal Analysis, DMSA Absolute Uptake, Mictie onderzoek, Whole Body/Static Ileo-Sacrum, Drie fase botscan Dynamisch, Longonderzoek, Schildklier, Bijschildklier, FWHM en FWTM (Full Width Half MAX en Full Width Max in mm of a profile on an image), Lever, Gastro-oesophageal reflux, MIBG therapy.

Fusion viewer voor EBW (NM licence)

De fusion viewer van Philips geeft een uitvoerig overzicht en analyse voor studies van PET-CT en SPECT-CT op de EBW. Eigenschappen van het programma zijn:

- Geavanceerde visualisatiehulpmiddelen ondersteunend voor 4D gegevens
- Aan te passen layout
- Interactieve multimodaliteit co-registratie
- Image display modes voor PET, PET-CT, CT, SPECT, SPECT-CT and MRI
- Kwantitatieve metingshulpmiddelen (SUV)
- Gefuseerd 3D volume rendering
- Batch viewing en mogelijkheid om studies 'on the fly' aan de review list toe te voegen.
- Viewer voor oblique slices (slab viewer) en de mogelijkheid om meteen de slice thickness aan te passen
- 3D ROI generatie voor tumorsegmentatie
- ROIs als DICOM RT opslaan om te exporteren naar radiotherapie plansystemen

Automatic registration tool

De automatische registratietool zorgt ervoor dat het 3D beeld van de multimodality studies (PET, SPECT, CT en MR) goed samengevoegd worden. De volgende automatische co-registratie methodes worden ondersteund: Mutual informatie, Cross correlation en local correlation. Het ondersteunt ook een interactieve registratiemethode gebaseerd op punten geselecteerd door de gebruiker.

Optioneel

Naast het standaard pakket zijn er ook optionele programma's. Deze programma's zijn:

- Tumor tracking application
- Emory cardiac toolbox 3.1
- ECTB heart fusion 3.1
- Synctool
- NeuroQ 3.0
- EQuAL
- Astonish NM application suite
- AutoQUANT for EBW (Single licence)
- QPET review EBW
- CTA fusion EBW
- Multi-frame Secondary Capture
- Automatic report generation (ARG) EBW (Single licence)
- Dual monitor configuration EBW
- IDL development kit
- Enhanced DICOM Viewer

6.1.4 Updates en upgrades

Philips biedt een service contract in de vorm van Philips Technology Update (PTU). Dit bevat alle updates plus een garantie van 1 jaar. Bij problemen met de hardware of software komt Philips deze direct herstellen. Over een periode van 4 of 5 jaar zal Philips ook 1 keer de hardware vervangen met de nieuwste (op dat moment leverbare) hardware en alle updates van de software.

Verder wordt er 3 keer per jaar een preventief onderhoud gepleegd. Hierbij zal de camera dan bijvoorbeeld gecalibreerd worden. Dit onderhoud neemt 2 tot 3 dagen per keer in beslag.

6.1.5 Meerwaarde ten opzichte van andere fabrikanten

- GE heeft geen state of the art SPECT-CT scanner (volgens Michel Guerchaft)
- Siemens heeft 2, 6 of 16 slice CT-scanners bij de SPECT-CT
- Beide andere fabrikanten werken met gewone multislice technologie. Philips heeft dit ook in de vorm van de Precedence 16 slice SPECT-CT scanner.
- De Brightview xCT heeft meer flexibiliteit.
- Door de grote flexibiliteit van de xCT (waarbij ook de flatpanel ingeklapt kan worden), kan er ook een nucleair onderzoek uitgevoerd worden bij een patiënt die in bed ligt.
- De attenuatiecorrectie is de beste van allen (specifiek ook voor cardiac)
- De dosis is lager dan de concurrentie en de Precedence. (bij de Brightview xCT)
- Footprint. Het systeem is klein en neemt evenveel plaats in als een normaal SPECT-systeem (de Brightview xCT)
- Dit is een systeem geoptimaliseerd voor de Nucleaire geneeskunde. Het is een echt SPECT-CT systeem en geen CT-SPECT systeem (Brightview xCT)
- De Brightview xCT heeft een ultrahoge resolutie. Zelfs de Precedence en andere multislice CT-scanners kunnen de resolutie van 0,33mm niet halen.
- De sterke punten van de Brightview xCT zijn te vinden binnen de cardiologie en orthopedie.

6.2 Siemens

6.2.1 Symbia T (T, T2, T6 en T16)

De Symbia T (alle series) is een dubbelkops gammacamera met daaraan een CT scanner bevestigd. Vier verschillende uitvoeringen van de Symbia T zijn leverbaar, namelijk de Symbia T, de Symbia T2, de Symbia T6 en de Symbia T16. Het verschil in deze uitvoeringen zit in de CT-scanner die bevestigd is aan de gammacamera. Het spreekt voor zich dat de Symbia T, een 1 slice CT scanner bevat, een T2 bevat een 2-slice CT-scanner, de T6 een 6-slice CT-scanner en de T16 een 16-slice CT-scanner.

Dit systeem wordt standaard geleverd met één monitor en 2 handcontrollers (één aan elke kant van de camera).

Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van 'Half Time Imaging'. Dit zorgt voor een scan die in de halve tijd gescand kan worden, of dat dezelfde scan gemaakt kan worden met de helft van de dosering die normaal nodig is.

Voordelen

- Een bewegende tafelondersteuning is aanwezig, zodat de tafel niet verder doorbuigt in de CT dan bij de SPECT-opname.
- Dosisreductie van 60%
- Een speciaal metaal artefacten reductie wordt gebruikt in de CT.
- Een speciale collimator is ontwikkeld die geoptimaliseerd is voor Sentinel Node onderzoeken. Deze zorgt voor een reductie van stereffecten.
- Een ECG apparaat is ingebouwd in de tafel. Eventueel zijn ook aansluitingen voor een extern ECG apparaat aanwezig.
- 100% flexibele koppen. De koppen zijn in alle denkbare standen te positioneren. Één kop beschikt ook over een caudale tilt.
- De gammacamerakoppen zitten op 15cm afstand van de gantry. Hierdoor is het mogelijk om mensen met een rolstoel toch voor de camera te positioneren.
- Een geïntegreerde wisselbak voor de collimatoren is aanwezig onder het bed.
- Bronnen kunnen ingebouwd worden onder de tafel voor een volledig automatische kwaliteitscontrole. Dit bespaart werkuren en stralingsbelasting voor de laboranten. De kosten van de bronnen kunnen eventueel opgenomen worden in het onderhoudscontract.



Figuur 3 - Siemens Symbia T/T2/T6/T16

Beperkingen

De verschillende mogelijkheden van de CT-scanners die bij de Symbia van toepassing zijn, maakt het mogelijk om per CT-systeem hun beperkingen aan te geven.

- Symbia T:
 - Deze CT-scanner heeft dezelfde eigenschappen als de T2 scanner.
 - Met deze scanner is het niet mogelijk om een CT-scan te maken zonder ook een SPECT-opname te maken.
- Symbia T2:
 - Deze CT-scanner kan gebruikt worden om de thorax en het abdomen in 30 seconden te scannen.
 - Ook een mogelijkheid is om een calciumscore te berekenen, maar dit is niet zo gemakkelijk als op een multislice CT-scanner.
 - De snelheid van deze CT-scanner is te laag voor angiografie.
- Symbia T6:
 - Deze CT scanner is drie keer sneller dan de T2. Deze maakt het mogelijk om een goede calciumscore te berekenen.
 - De snelheid is nog te laag voor angiografie.
- Symbia T16:
 - Deze CT scanner is te gebruiken om een calciumscore te berekenen.
 - Angiografie is mogelijk met een 16-slice CT-scanner
 - Met deze CT-scanner is het mogelijk om een total body scan te maken in 30 seconden.

Tabel 6.8: Algemene specificaties Siemens Symbia T/T2/T6/T16

Specificaties Algemeen	Symbia T/T2/T6/T16
Afmetingen Gantry (HxWxD)	225cm x 231cm x 203cm
Gewicht	3113kg
Gantryopening	70cm

Tabel 6.9: Specificaties tafel Siemens Symbia T/T2/T6/T16

Specificaties Tafel	Symbia T/T2/T6/T16
Type materiaal	Carbon Fiber
Dikte	15mm
Attenuatie	<10% @ 140keV
Afmetingen LxB	248,0cm x 81,9cm
Hoogte (vanaf vloer)	53,3 tot 119,4cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	184cm
SPECT scan lengte + UFOV	200cm + 40cm
Hybride scan lengte	184cm

Doelen van dit systeem

- Zo hoog mogelijk te bereiken sensitiviteit.
- Flexibiliteit zoals dit ook mogelijk is bij de normale SPECT-camera's.
- Minder gewichtsbelasting voor de laborant door de collimatoren in de tafel op te bergen.
- Dosisreductie van de CT-scan.

Sensitiviteit

Bij de Symbia T is gestreefd naar een optimale sensitiviteit. De sensitiviteit bedraagt 202cpm/ μ Ci gemeten met een window van 15% Tc-99m LEHR. De collimator die hier gebruikt is, is geoptimaliseerd voor Technetium. Deze sensitiviteit is 20% beter dan bij de camera's van Philips en GE.

Flexibiliteit

Bij dit systeem is rekening gehouden met de flexibiliteit die een normale SPECT-camera ook heeft. Daarvoor is een afstand van 15cm aangehouden van de gantry tot de camerakoppen. Dit geeft als voordeel dat het mogelijk is om een patiënt in een rolstoel zodanig voor de camera te positioneren dat deze gemakkelijk gescand kan worden.

Daarnaast kunnen de camerakoppen op elke mogelijke positie ingesteld worden. Één kop is daarom ook voorzien van een caudale tilt.

Collimatoren

Bij de Symbia T is bekeken hoe het wisselen van de collimatoren voor de laborant te vergemakkelijken is. Hiervoor is gebruik gemaakt van de ruimte onder de tafel. De collimatoren zijn opgeborgen in deze ruimte en de collimatoren kunnen zo door één druk op de knop automatisch vervangen worden. Dit proces duurt ongeveer 4 minuten.

Mochten meerdere collimatoren bij de camera besteld zijn, dan is het noodzakelijk om toch met een kar te werken en het handmatig vervangen van de collimatoren, zoals dit nu ook bij de normale SPECT-camera's gebeurt.

Dosisreductie

Een dosisreductie van 60% wordt behaald. Deze lowdose CT-scan wordt gemaakt met 19mAs en 130kV.

De specificaties van de CT-scanners zijn te vinden in onderstaande tabel.

Tabel 6.10: Specificaties CT Siemens Symbia T/T2/T6/T16

Specificaties CT	Symbia T/T2	Symbia T6	Symbia T16
Max number of slices/rotation	2	6	16
kVp	80, 110, 130kV	80, 110, 130kV	80, 110, 130kV
mA	30-240mA	20-345mA	20-345mA
Focal Spot (IEC)	0.8x0.4mm/8° 0.8x0.7mm/8°	0.8x0.5mm/7° 0.8x0.7mm/7°	0.8x0.5mm/7° 0.8x0.7mm/7°
Spatiële resolutie	15,6 @ 2% MTF	15,6 @ 2% MTF	15,6 @ 2% MTF
Absorptie range	-1024 tot +3071 Hounsfield units	-1024 tot +3071 Hounsfield units	-1024 tot +3071 Hounsfield units
Slice dikte	0.6 tot 19.2mm	0.6 tot 19.2mm	0.6 tot 19.2mm
Rotatietijd (sec)	0.8, 1.0, 1.5	0.5, 0.6, 1.0, 1.5	0.5, 0.6, 1.0, 1.5
Scan matrix	512x512	512x512	512x512

6.2.2 Software

Standaard

Symbia.net is een economische client-server oplossing voor altijd en overal processen en lezen van SPECT en SPECT-CT studies. Voor Symbia.net zijn MI applicaties en standaard cardiac pakketten verkrijgbaar.

Met het gebruik van Symbia.net is het mogelijk om elke PC of Mac te gebruiken als client, met een maximum van 5 gebruikers op hetzelfde moment (1 op de server en 4 op actieve clients). Hier is geen limiet in het aantal clients.

De standaard software die bij een Siemens Symbia T geleverd wordt, is opgesplitst in de volgende categorieën:

- MI Applicaties
- Cardiac Pakketten (4DM, Cedars en Emory)
- Software voor de kwaliteitscontrole

De MI Applicaties bevatten:

- SPECT acquisitie:
 - Planair, statisch en dynamische studies
 - Whole body
 - SPECT, gated, non-gated of beiden.
 - Dynamische SPECT
 - Whole body SPECT
- CT acquisitie:
 - Topogram (AP, PA en LAT)
 - Spiral CT, continue volume scanning techniek met ononderbreekbare tafelbeweging in de multirotatiemethode.
 - Sequential CT, incremental, slice-by-slice imaging mode zonder tafelbeweging tijdens data acquisitie.
 - CARE Dose 4D
 - SureView - Multislice Image Reconstruction System

Het is mogelijk om Symbia.net uit te breiden met applicaties (zie optionele software). De camera's die door Symbia.net worden ondersteund zijn de c.cam, e.cam en de Symbia.

Optioneel

- QBS/QGS/QPS (Cedar's Sinai Medical Center)
- 4DMSPECT (university of Michigan)
- Emory Cardiac Toolbox (Emory University)
- Calcium score (Siemens)
- Scenium (Siemens in combinatie met Cambridge university)
- Neurogam (Segami)
- FusedVision3D (Siemens)

6.2.3 Updates en upgrades

Bij Siemens wordt gebruik gemaakt van een onderhoudscontract. Dit betekent dat de software 1x per jaar een update krijgt, en de hardware krijgt een upgrade na 3 of 4 jaar.

Daarnaast is Siemens Remote Service beschikbaar via een VPN-verbinding. Dit zorgt ervoor dat het systeem vrij blijft van virussen en bekijkt of de update/upgrade beschikbaar is voor dit systeem.

Het onderhoud wordt twee keer per jaar gedaan. Dit onderhoud neemt 2 dagen in beslag. Soms is 1 dag extra nodig (dus 3 dagen achter elkaar), zodat ook onderhoud gepleegd kan worden voor de CT. Zodra het systeem een defect vertoont, heeft Siemens een 5-uursverplichting. Dit houdt in dat als voor 11uur gebeld wordt, dezelfde dag nog een monteur komt.

6.2.4 Meerwaarde ten opzichte van andere fabrikanten

- De Symbia T heeft op de CT een FOV van 70cm, Philips heeft maar 45cm. Dit betekent dat bij de Philips camera, brede schouders bijvoorbeeld buiten het beeld vallen.
- De CT van de Symbia T is een veel beter alternatief dan de flatpanel detector van Philips. De flatpanel detector heeft namelijk als nadeel dat deze veel vervormingen geeft. De camera van Philips daarentegen is wel goedkoper.
- De sensitiviteit van de gammacamera van Siemens is 202cpm/ μ Ci gemeten met een 15% window Tc-99m LEHR. Dit is een 20% betere sensitiviteit dan de camera's van GE en Philips. Dit komt door de collimator die geoptimaliseerd is voor Tc-99m. Ook wordt gebruik gemaakt van een energiecorrectie, waardoor een kleiner window nodig is.
- GE heeft een dikkere CT, waardoor het bed dieper de CT in moet en meer ruimte nodig is aan de achterkant van het apparaat. De scanlengte bij de Symbia is 186cm en bij de SPECT-CT van GE maar 160cm.
- De CT-component van de SPECT-CT van GE maakt gebruik van een oud materiaal voor de detectoren, waardoor dit apparaat een veel hogere stralingsdosis geeft dan de Symbia.

6.3 GE

6.3.1 Infinia Hawkeye 4

De Infinia Hawkeye 4 van GE is een premium, all-purpose, dubbelkops hybride SPECT-CT systeem. De multi-slice, low-dose, helical Hawkeye 4CT zorgt voor uitstekende beeldkwaliteit en attenuatiecorrectie.

Deze 4-slice SPECT-CT zorgt voor de beste balans tussen sneller scannen, hogere resolutie, lage patiëntendosis en een accurate registratie. Daarnaast heeft de Infinia Hawkeye 4 een heel efficiënte totale workflow en een intuïtief softwareprogramma.

De mogelijkheden met de gammacameraskoppen zijn maximaal. De koppen kunnen op elke mogelijke positie geplaatst worden.

Voordelen

- Optimaal systeem voor attenuatiecorrectie
- Lage rotatietijd van de CT zorgt voor de meest accurate SPECT-CT beeldverwerking
- Helical scannen om de scantijden te verkorten.
- Snelle en flexibele SPECT-CT beeldprocessing met Volumetrix.
- Versnelde scantijd mogelijk.
- 20mm axiale coverage per CT-slice
- Ultra lage mA instellingen, zorgen voor een optimale beeldkwaliteit.
- Minder dan 40% dosis dan een normale CT-scan.
- Snelste workflow, wat zorgt voor minder tijd op de tafel voor de patiënt.
- Ergonomische accessoires voor patiëntcomfort.



Figuur 4 - GE Infinia Hawkeye 4

Beperkingen

- Erg laag mA bij de CT
- De snelheid van de 4-slice CT-scanner is te laag voor CT-angiografie.
- Lagere sensitiviteit bij SPECT
- Kortere scanlengte
- Nu nog niet veel systemen van GE in Nederland. GE streeft naar perfectie en meer systemen in Nederland.

Tabel 6.11: Algemene specificaties GE Infinia Hawkeye 4

Specificaties Algemeen	Infinia Hawkeye 4
Afmetingen Gantry (HxWxD)	190cm x 175cm x 195cm
Gewicht	Gantry: 2309kg 2 Detectors: 2327kg Gantry + 2 Detectors: 2800kg
Gantryopening	60cm

Tabel 6.12: Specificaties tafel GE Infinia Hawkeye 4

Specificaties Tafel	Infinia Hawkeye 4
Afmetingen LxB	Breedte is 35cm
Maximum belasting	200kg
CT scan lengte	195cm
SPECT scan lengte + UFOV	Maximaal 185 cm, waarbij 1 SPECT FOV = 54 cm x 40 cm
Hybride scan lengte	111cm

Doelen van dit systeem

- Zo hoog mogelijke flexibiliteit van het gehele systeem.
- Verbeterde beeldkwaliteit

Flexibiliteit

De gammacamera koppen hebben een 'single-head' flexibiliteit. De koppen zijn dus apart van elkaar te bewegen. Dit betekent dat elke mogelijke stand van de camerakoppen mogelijk is. Het is mogelijk om staande of zittende opnames te maken, maar ook opnames vanuit een rolstoel of een bed.

Een exclusieve slip-ring gantry zorgt ervoor dat de camera continue kan ronddraaien, ongeacht welke kant deze opdraait.

Door middel van een 'one-click' applicatie zorgt GE voor een erg snelle en eenvoudige workflow.

De camera is qua afmetingen vrij klein en past dus in normale nucleaire onderzoekskamers.

Beeldkwaliteit

Het SPECT-CT systeem is geoptimaliseerd voor een hoge resolutie met een lage dosis voor lokalisatie. Daarnaast zijn CT filters (selecteerbaar door de gebruiker) aanwezig, gesorteerd per orgaan, om te zorgen voor een betere beeldkwaliteit.

Bij de Infinia Hawkeye 4 zijn uitgebreide artefactreductie technieken aanwezig. Dit omdat bijvoorbeeld de helical view weighting, parallel-beam projection rebinning, ring artefact reductie, ruisreductie en edge enhancement filters.

In onderstaande tabel zijn de specificaties van de CT-scanner van de Infinia Hawkeye 4 te zien.

Tabel 6.13 Specificaties CT GE Infinia Hawkeye 4

Specificaties CT	Infinia Hawkeye 4
Max number of slices/rotation	4
kV	120, 140kVp
mA	1.0, 1.5, 2.0, 2.5 mA
Focal spot (IEC)	0.8mm x 0.8mm typical
Spatiële resolutie	≥3lp/cm (4lp/cm for bone filter)
Absorptie range	-1024 tot 3071 HU
Slice dikte	Helical: 6mm Axial: 5mm
Rotatietijd (max)	2.6rpm, 16 slices per minuut
Scan matrix	256, 512

6.3.2 Discovery NM/CT 670

De Discovery NM/CT 670 is een dubbelkops gammacamera gekoppeld aan een BrightSpeed Elite 16 Slice Edition CT-scanner.

Dit systeem maakt gebruik van een nieuwe techniek van de gammacamerakoppen. Daarnaast zijn snelle bewegingen van standen van de gammacamera mogelijk.

De CT die gebruikt is bij dit systeem is geen low end CT-scanner, er zijn veel mogelijkheden voor dosismanagement.

De Discovery NM/CT670 bevat standaard de PitchBooster. Deze zorgt ervoor dat met hetzelfde kV en mAs, in een kortere tijd gescand kan worden. Dit zorgt ervoor dat deze 16 slice CT-scanner functioneert als een CT-scanner met 50 slices.

Dit systeem geeft de mogelijkheid om als stand alone CT-scanner gebruikt te worden.

Naast alle nucleaire en radiologische functies biedt dit systeem een goede intercom en een entertainment system, wat het mogelijk maakt om de patiënt gedurende lange onderzoeken naar een CD te laten luisteren of zelfs een DVD af te spelen.

Voordelen

- Een nieuwe techniek wordt gebruikt in de gammacamerakoppen
- Snelle bewegingen van standen gammacamera
- Veel mogelijkheden voor dosismanagement
- Geen low end CT-scanner
- Grote gantry opening
- 16 slice, 20mm detector coverage maakt het mogelijk om CT-Angio onderzoeken te doen.
- Pitch Booster: Zorgt ervoor dat in dezelfde scan in kortere tijd en hetzelfde kV en mAs gedaan kan worden.
- Tijdens acquisitie mogelijkheid om extra protocollen toe te voegen aan het onderzoek.
- Mogelijkheid om als stand alone CT-scanner te gebruiken.
- Binnenkort ook een iteratieve reconstructie voor de CT-beelden in de ruwe data.



Figuur 5 - GE Discovery NM/CT 670

Beperkingen

- Ademhalingcommando's mogelijk bij CT, niet hybride. In de toekomst wel interessant.

Tabel 6.14 Algemene specificaties GE Discovery NM/CT 670

Specificaties Algemeen	Discovery NM/CT 670
Afmetingen Gantry (HxWxD)	203cm x 218cm x 220cm
Gewicht	4200kg
Gantryopening	70cm

Tabel 6.15 Specificaties tafel GE Discovery NM/CT 670

Specificaties Tafel	Discovery NM/CT 670
Afmetingen LxB	280cm x 61cm ($\pm 10\%$)
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	160cm
SPECT scan lengte + UFOV	200cm +54cm
Hybride scan lengte	160cm

Doelen van dit systeem

- Workflow en klinische efficiëntie
- Dosisreductie
- Patiëntcomfort

Klinische efficiëntie

Een unieke functie op de Discovery NM/CT 670 is de 'Ignite' functie. Deze functie maakt de klinische workflow simpeler en sneller door drie stappen te gebruiken:

- Selecteer een patiënt
- Set up patiënt en zorgt voor auto-home positionering
- Klik één keer om te starten met de acquisitie, waarna automatisch de postprocessing start.

Dosisreductie

De Discovery NM/CT 670 beschikt over een PitchBooster. Deze functie zorgt ervoor dat een scan met het gebruik van hetzelfde kV en mAs, in een kortere tijd gescand kan worden. Dit zorgt voor een lagere dosis. Daarnaast zijn vele andere mogelijkheden aanwezig voor dosismanagement.

Patiëntcomfort

Om het onderzoek zo comfortabel mogelijk te maken voor de patiënt, is de gantry voorzien van een opening van 70cm. Daarnaast kan de tafel maximaal 227kg dragen, wat het mogelijk maakt om ook zwaardere mensen te onderzoeken. Verder kan de tafel zakken tot een hoogte van 53cm, wat het gemakkelijk maakt om op de tafel te komen vanuit een rolstoel of bed.

In onderstaande tabel zijn de specificaties van de CT-scanner van de Discovery NM/CT 670 4 te zien.

Tabel 6.16: Specificaties CT GE Discovery NM/CT 670

Specificaties CT	Discovery NM/CT 670
Max number of slices/rotation	16
kV	80, 100, 120, 140 kVp
mA	10 to 440 mA, 5 mA increments (733mA max with AsiR)
Focal spot (IEC)	Small: 0.8 mm (W) x 0.7 mm (L) nominal value (IEC 336/2005) 0.7 mm (W) x 0.6 mm (L) nominal value (IEC 336/93) 0.9 mm (W) x 0.7 mm (L) traditional methodology Large: 1.1 mm (W) x 1.0 mm (L) nominal value (IEC 336/2005) 0.9 mm (W) x 0.9 mm (L) nominal value (IEC 336/93) 1.2 mm (W) x 1.2 mm (L) traditional methodology
Spatiële resolutie	Standaard: 4.0 lp/cm @ 50% MTF 6.5 lp/cm @ 10% MTF 8.5 lp/cm @ 0% MTF High: 8.5 lp/cm @ 50% MTF 13.0 lp/cm @ 10% MTF 15.4 lp/cm @ 0% MTF
Absorptie range	-1024 tot 3071 HU or extended -31743 tot 31743
Slice dikte	0.625mm, 1.25mm, 2.5mm, 3.75mm, 5mm, 7.5mm, 10mm
Rotatietijd (max)	4.0 sec per rotation
Scan matrix	Reconstructie matrix: 512 ² , Display matrix: 1024 ²

6.3.3 Discovery NM/CT 570c

De GE Discovery NM/CT 570c is een cardiac dedicated SPECT-CT camera met een 64-slice CTscanner.

Deze SPECT-CT scanner maakt het mogelijk om zonder de SPECT-camera te laten draaien een myocard onderzoek te doen. In de collimator wordt gebruik gemaakt van een pinhole collimation, die strategisch gepositioneerd is om te kunnen focussen op de kwaliteit van het field of view (het hart).

De Discovery NM/CT 570c is geoptimaliseerd om cardiac onderzoek uit te voeren met een zo laag mogelijke dosis, en in een zo snel mogelijke tijd, met zo min mogelijk artefacten. Een speciale techniek in de collimator zorgt ervoor dat deze niet om de patiënt heen hoeft te draaien gedurende het onderzoek.

Voordelen

- Nieuwe techniek in de collimatoren. Gebruik wordt gemaakt van CZT (Cadmium Zink Telluride) detectoren. Deze collimatoren (in combinatie met een Application Specific Integrated Circuit (ASIC)) maken het mogelijk om gammastralen in één keer om te zetten in digitale signalen, zonder gebruik te maken van PMT's.
- Focused multi-pinhole collimatie. Alle pinholes zijn gefocust op één segment (het hart), dit zorgt voor een "quality field of view", dat ervoor zorgt dat het beeld duidelijker wordt en sneller gemaakt kan worden.
- Optimalisatie voor isotopen. Deze collimatoren ondersteunen Tc99m, Tl201 en I123, zonder de collimatoren te hoeven vervangen. De Alcyone detectoren hebben dezelfde intrinsieke spatiale resolutie voor alle isotopen.
- Mogelijkheid tot research: gelijktijdige acquisitie van Tc99m/Tl201 en Tc99m/I123.
- Geen beweging van de gammacamerakop gedurende het onderzoek: minder artefacten.
- Mogelijkheid tot 3D reconstructie
- Dosisverlaging van 83% in vergelijking met een normale CT-scanner door het gebruik van 'SnapShot Pulse': Een 5-beat diagnostische cardiac scan.
- 64-slice CT-scanner, maakt het mogelijk om CT-angiografie uit te voeren.
- Grote gantry opening



Figuur 6 - GE Discovery NM/CT 570c

Beperkingen

- Geen mogelijkheid om andere onderzoeken te doen zoals orthopedische onderzoeken.
- Ademhalingcommando's mogelijk bij CT, niet hybride. In de toekomst wel interessant.

Tabel 6.17 Algemene specificaties GE Discovery NM/CT 570c

Specificaties Algemeen	Discovery NM/CT 570c
Afmetingen Gantry (HxWxD)	173cm x 138cm x 75cm
Gewicht	645kg
Gantryopening	70cm

Tabel 6.18 Specificaties tafel GE Discovery NM/CT 570c

Specificaties Tafel	Discovery NM/CT 570c
Afmetingen LxB	291 cm x 65 cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	200cm
SPECT scan lengte + UFOV	1 Quality Field of View Volume (geen planaire opname)
Hybride scan lengte	1 Quality Field of View Volume

Doelen van dit systeem

- SPECT-CT snelheid verhogen
- Dosismanagement
- Workflow en klinische performance

SPECT-CT snelheid

Door het combineren van de Alcyone technologie met de capaciteiten van een 64-slice Lightspeed VCT, maakt de Discovery NM/CT570c het mogelijk om een complete cardiac scan te maken in minder dan 5 minuten acquisitietijd. In deze totale cardiac scan is opgenomen: SPECT-opname, attenuatiecorrectie, calciumscore en CT-angiografie.

Dosismanagement

Dosis is een kritisch punt bij het uitvoeren van een uitgebreide cardiac scan. De Discovery NM/CT570c zorgt met de Snapshot Pulse optie voor een dosisverlaging van 83% in vergelijking met een normale CT-scan.

Workflow en klinische performance

De Discovery NM/CT 570c heeft een gestroomlijnde workflow voor cardiac hybride SPECT-CT acquisities. De patiënt wordt gescand in één en dezelfde positie op de tafel, dit zorgt voor minder bewegingsartefacten, en verkort de acquisitietijd in vergelijking met een stand alone SPECT-camera en CT-scanner.

In onderstaande tabel zijn alle specificaties van de CT-scanner van de Discovery NM/CT 570c te zien.

Tabel 6.19: Specificaties CT GE Discovery NM/CT 570c

Specificaties CT	Discovery NM/CT 570c
Max number of slices/rotation	64
kV	80, 100, 120, 140 kVp
mA	10 tot 800 mA, 5mA increments
Focal spot (IEC)	Small (nominal values): 0.7mm x 0.6mm (IEC 336/93) 0.8mm x 0.7mm (IEC 336/2005) Large (nominal values): 0.9mm x 0.9mm (IEC 336/93) 1.1mm x 1.0mm (IEC 336/2005)
Spatiële resolutie	1. <i>High Contrast Spatial Resolution:</i> High-Resolution Algorithm X/Y lp/cmm 50% 10.1 4% 14.2 2. <i>Low-Contrast Detectability</i> On 8 inch (20cm) CATPHAN phantom, 10mm (calculated) slice thickness: 5 mm @ 0.32% at 7.3 mGy CTDIvol 3 mm @ 0.32% at 20.5 mGy CTDIvol 2 mm @0.32% at 45.0 mGyCTDIvol
Absorptie range	-32.767 tot 32.767 Hounsfield units
Slice dikte	0.625, 1.25, 2.5, 3.75, 5
Rotatietijd (max)	Maximum 1.0 sec per rotation
Scan matrix	512x512, 1024x1024

6.3.4 Software

Standaard

De systemen van GE worden standaard geleverd met Xeleris 2. Xeleris 2 biedt innovatieve productie tools en is voorzien van een goede connectiviteit met full DICOM en worklist support. Ook uniek aan het systeem van GE is, dat de camera's compatibel zijn met systemen van andere fabrikanten.

Xeleris 2 bevat een Clinical Library, met alle standaard protocollen voor nucleair onderzoek (met CT protocollen). In Xeleris 2 is het mogelijk om de protocollen en de layout naar eigen keuze aan te passen. De standaard software bevat de volgende protocollen:

- Cardiac onderzoek: MyoVation/Myometrix/4DMSPECT/First Pass
- Longen: L-R Shunt, Longanalyse, Long SPECT
- Oesophagus
- Maagonderzoek
- Galblaas
- Lever
- Nieren: Renal Analysis, DMSA, Renal SPECT
- Bot: Whole Body, Bot SPECT
- Hersenen SPECT
- Oncologie SPECT
- Schildklier: Review, Uptake
- Bij schildklier

Optioneel

GE biedt een zogenaamde 'Floating Licence'. Dit betekent dat het mogelijk is om op afstand Xeleris te draaien. (bijvoorbeeld op de artsenkamer). Met deze licentie kan door 5 verschillende personen tegelijk gebruik gemaakt worden.

Andere optionele pakket zijn:

- Acuity: bevat 'Volumetrix'. Volumetrix maakt het mogelijk om een 3D reconstructie te maken van de afbeeldingen.
- Swift: bevat Acuity, 'Evolution Cardiac + Bone'. De Evolution Cardiac + Bone maakt het mogelijk om met een halve dosis of in een gehalveerde tijd te scannen.
- Freedom: bevat Acuity, Siwft, Volumetrix IR. Volumetrix IR is het grootste optionele pakket en maakt het mogelijk om eerder gemaakte CT-beelden op een andere CT-scanner, automatisch te fuseren met de gemaakte SPECT-beelden. (zonder Volumetrix IR is dit ook mogelijk, maar alleen handmatig).

6.3.5 Updates en upgrades

Updates worden iedere 1,5 tot 2 jaar gratis verstrekt. De keuze is wel aan het ziekenhuis of zij deze willen installeren. Dit geldt niet voor veiligheidsupdates, deze worden altijd geïnstalleerd.

Upgrades worden bij GE commercieel aangeboden. Dit kan in principe niet in een service contract.

Vanuit GE wordt twee keer per jaar onderhoud gepleegd. (Dit zijn twee keer twee dagen op basis van 95% uptime).

Daarnaast is de mogelijkheid van een 'Remote service' aanwezig. Hierbij wordt op afstand het probleem van het systeem opgelost. Veel problemen kunnen namelijk op afstand opgelost worden. Bij een storing hanteert GE een 24h service, de monteurs van GE worden dubbel opgeleid, zij hebben kennis van de gammacamera's, maar ook van de CT.

Voor het onderhoud worden verschillende pakketten samengesteld, van basis tot all-in. Onder deze pakketten vallen het preventief onderhoud, de updates en de veiligheidscontroles.

6.3.6 Meerwaarde ten opzichte van andere fabrikanten

- Nieuwste systeem wat anderen niet hebben (Discovery NM/CT 570c)
- Nieuwste gammacamera techniek (Discovery NM/CT 670 en Discovery NM/CT 570c)
- Nieuwste CT-systeem (Van toepassing bij Discovery NM/CT 670 en Discovery NM/CT 570c)
- Echte hybride workflow bij alle systemen van GE
- Intuïtief programma bij alle systemen
- Samenwerking met farmacie
- Service van de apparaten is goed
- Nu nog niet veel in Nederland, maar GE streeft naar perfectie en meer plaatsingen in Nederland
- Toekomst strevend
- Iteratieve reconstructie bij CT (alle systemen)
- Modellair systeem (Discovery NM/CT 570c)

7. Verschillen tussen firma's aan de hand van pakket van eisen

Aan de hand van het pakket van eisen zijn de verschillende systemen met elkaar vergeleken. Bij de vergelijking is de GE Discovery NM/CT 570c niet meegenomen. Deze is specifiek op cardiaal onderzoek gericht en voldoet dus niet aan de meeste doelstellingen zoals deze opgesteld zijn in het pakket van eisen. Daarom is ook gekozen om CT-CAG onderzoek niet mee te nemen in het pakket van eisen, omdat dit het enige systeem is dat aan deze eis kan voldoen. De andere systemen voldoen wel aan alle doelstellingen. Bovendien beschikt het Catharina ziekenhuis over 2 256 slices CT systemen waarop CT-angio kan worden verricht.

De verschillen in het pakket van eisen zijn beschreven aan de hand van de verkregen informatie en gesprekken die gevoerd zijn met fabrikanten. Voor de belangrijkste verschillen zie tabel 7.1.

7.1 Functionele eisen per vakgebied

Alle systemen voldoen aan de functionele eisen. De verschillende protocollen zijn uitvoerbaar met bijbehorende postprocessing software. Niet bij iedere fabrikant zijn alle protocollen standaard. Deze kunnen optioneel bijgeleverd worden wanneer nodig. De software om de onderzoeken uit te voeren zijn voornamelijk gericht op de nucleaire gammacamera. Dit is verder niet meegenomen in het onderzoek.

7.2 Diagnostische CT

Een belangrijk verschil tussen de systemen is dat niet alle systemen kunnen functioneren als diagnostische CT. Hierbij wordt met name gesproken over de diagnostische waarde voor orthopedische vraagstellingen. Voor CT-angio voor cardiaal onderzoek wordt tegenwoordig minimaal een 64-slice CT aangeraden. Deze indicatie blijft derhalve buiten beschouwing.

De betreffende systemen zijn de Philips Brightview XCT, de GE Infinia Hawkeye 4 en de Siemens Symbia T.

De Brightview XCT beschikt over een cone-beam röntgenbuis met een flatpanel detector. In combinatie met een langzame rotatietijd van 12 seconde zorgt dit ervoor dat de CT voldoende functioneert ter ondersteuning van de SPECT beelden, maar niet als een stand-alone CT. Het voordeel van dit systeem moet daarom vooral gezocht worden bij de attenuatiecorrectie van cardiaal onderzoek. Door de contractie van het hart komen de CT beelden beter overeen met de SPECT beelden. De Brightview heeft een relatief lage contrastresolutie, waardoor het afbeelden van zachte weefsels onvoldoende is.

De GE Infinia Hawkeye 4 kan ook niet functioneren als diagnostische CT. Dit komt door het vermogen (de low dose CT heeft een mA van maximaal 2,5). Dit is te laag voor diagnostische waarde. Daarnaast heeft het systeem een te lage spatiële resolutie van 3lp/cm. Ook de contrastresolutie van dit systeem is erg laag.

Als laatste nog de Symbia T/T2. De prestaties en de technische specificaties van Symbia T en T2 zijn identiek. Het verschil betreft alleen dat de Symbia T niet geschikt is als stand-alone CT terwijl T2 volledig beschikt over de diagnostische capaciteit van de CT.

7.3 Slices

Het grootste verschil tussen de systemen zijn het aantal slices. Ook werken de systemen niet allemaal volgens hetzelfde principe. Wat de Brightview xCT uniek maakt is de cone-beam met flatpanel detector. Het systeem van Siemens, de Symbia T, is beschikbaar in verschillende soorten. Het enige verschil bij deze systemen is het aantal slices. Deze variëren van 2 tot 16, waarbij het voordeel is dat men met meerdere slices sneller kan scannen en het een lagere stralingsdosis geeft.

7.4 CT scanlengte

Om een diagnostische CT te maken is vaak een ruime scanlengte nodig. Wanneer de CT gebruikt wordt als aanvulling voor de SPECT beelden, is een scanlengte ter grootte van het UFOV (Useful Field of View) voldoende. Dit verklaart de verschillen in scanlengte tussen de verschillende systemen.

7.5 Onderzoeksparameters zijn voor en tijdens het onderzoek snel te wijzigen

Ook de software van de verschillende systemen verschilt. Een belangrijk verschil hierin is het wijzigen van onderzoeksparameters voor en tijdens de acquisitie. Bij de Siemens Symbia is het niet mogelijk om bepaalde parameters tijdens het onderzoek te wijzigen en onderzoeken toe te voegen. Bij de systemen van Philips en GE is dit wel mogelijk.

7.6 Ionisch Contrastmiddel

Als wens in het pakket van eisen is meegenomen dat het systeem compatibel moet zijn met een contrastpomp van Covidien. Deze is alleen te gebruiken in combinatie met een diagnostische CT.

Tabel 7.1: Belangrijkste verschillen tussen de systemen

Eis	Philips Brightview xCT	Philips Precedence 16	Siemens T/T2*	Siemens T6	Siemens T16	GE Infinia Hawkeye 4	GE Discovery NM/CT 670
Diagnostische capaciteit	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja
Slices (isotroop)	Cone-beam	16	2	6	16	4	16
mA	5-80	20-500	30-240	20-345	20-345	1.0, 1.5, 2.0, 2.5.	10-440
Rotatietijd (per 360°)	12 sec	0.5 sec	0.8, 1.0, 1.5 sec	0.5, 0.6, 1.0, 1.5 sec	0.5, 0.6, 1.0, 1.5 sec	23,08 sec	Max 4.0 sec per rotatie
CT-scanlengte	14 cm per rotatie	168 cm	184 cm	184 cm	184 cm	195 cm	160cm
Spatiële resolutie	> 15lp/cm @ 10% MTF	Ultra high mode: 20.0 lp/cm @ cut-off High mode: 16.0 lp/cm @ cut-off Standard mode: 13.0 lp/cm @ cut-off	15,6 lp/cm @ 2% MTF	15,6 lp/cm @ 2% MTF	15,6 lp/cm @ 2% MTF	≥3lp/cm (4lp/cm for bone filter)	Standaard: 4.0 lp/cm @ 50% MTF 6.5 lp/cm @ 10% MTF 8.5 lp/cm @ 0% MTF High: 8.5 lp/cm @ 50% MTF 13.0 lp/cm @ 10% MTF 15.4 lp/cm @ 0% MTF
Veranderen van onderzoeks-Parameters tijdens een onderzoek	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Ionisch contrast-gebruik	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja

Het beste idee voor een SPECT-CT
Jasper Weetink, Kyra Jansen, Mariska Kuijpers

8. Andere nucleaire afdelingen

Om erachter te komen wat de ervaringen zijn van de gebruikers van verschillende SPECT-CT systemen is besloten om een aantal ziekenhuizen te bezoeken. Deze bezoeken zijn als volgt samen gesteld:

1. Een kort interview met een laborant die vooral met de SPECT-CT werkt
2. Een bezoekje aan de onderzoekskamer van de SPECT-CT

Per fabrikant zijn alle systemen bekeken (uitgezonderd de GE Discovery NM/CT 670. Deze is op het moment van dit onderzoek nog niet in Nederland geplaatst). De systemen van Siemens zijn vergelijkbaar met elkaar en daarom is gekozen om alleen de T2 en de T6 te bezichtigen. De volgende ziekenhuizen met bijbehorend SPECT-CT systeem zijn bezocht:

Philips

- Academisch Ziekenhuis Maastricht: Precedence 16
- Rijnstate Ziekenhuis Arnhem: Brightview XCT

Siemens

- Orbis Medisch Centrum Sittard: Symbia T2
- Amphia Ziekenhuis Breda: Symbia T6

GE

- Deventer Ziekenhuis: Infinia Hawkeye 4
- Isala Klinieken Zwolle: Discovery NM/CT 570c

Tijdens het interview met de laboranten is gevraagd naar de gebruiksvriendelijkheid van de userinterface, service van de fabrikant en de voor- en nadelen van de apparatuur. De topiclijst van het interview is te vinden in bijlage 7. De resultaten van de interviews zijn hieronder per ziekenhuis beschreven.

8.1 Philips

8.1.1 Academisch Ziekenhuis Maastricht; Precedence 16

Het systeem is ongeveer 3 à 4 jaar geleden geplaatst. De andere apparatuur op de afdeling is ook afkomstig van Philips. De SPECT-CT werd hierdoor een stuk goedkoper geleverd.

De meest voorkomende onderzoeken zijn:

- Skelet ter lokalisering
- Sentinel Node ter lokalisering (voornamelijk van de mamma en melanomen, benen en armen komen steeds vaker voor)

Met de aanschaf van de SPECT-CT is vooral gemerkt dat veel meer aanvragen zijn voor skelet- en SN-onderzoeken. Gekozen is om geen myocardonderzoek te doen op de SPECT-CT.

De laborante die geïnterviewd is vindt de camera over het algemeen fijn in gebruik. Dat de rest van de apparatuur op de afdeling al van Philips was scheelde wel, omdat de userinterface van Philips gelijk is voor de gammacamera en de CT-scanner.

Er worden geen onderzoeken gedaan waar klinische patiënten in een ziekenhuisbed liggen op deze camera. De ruimte waar het bed onder de camerakoppen geplaatst moet worden is minimaal. Verder kan tijdens een acquisitie geen andere studie bekeken of geopend worden, dit is op de dubbelkops-gammacamera's die in gebruik zijn wel mogelijk.

Op de SPECT-CT is geen mogelijkheid tot bodycontour. Deze moet handmatig ingesteld worden.

De afdeling is tevreden met kwaliteit van de SPECT-CT beelden.

De afdeling heeft steeds vaker problemen met software. Philips weet de oorzaak niet en kan deze problemen niet oplossen, waardoor ze steeds terugkeren. In de toekomst hoopt de afdeling dat dit verholpen wordt.

Als de geïnterviewde laborante nu opnieuw de keus zou moeten maken zou ze deze SPECT-CT weer aanschaffen.

8.1.2 Rijnstate Arnhem; Brightview xCT

De afdeling in het Rijnstate ziekenhuis beschikte over twee Skylight gammacamera's van Philips. Deze werden vervangen en omdat de oude systemen van Philips waren is de afdeling in eerste instantie met deze fabrikant in gesprek gegaan. Een diagnostische CT was niet nodig. De CT beelden moesten dienen ter ondersteuning van de gammacamera en niet andersom. De afdeling heeft daarom uiteindelijk voor dit systeem gekozen.

De meest voorkomende onderzoeken zijn:

- Attenuatiecorrectie myocard onderzoek.
- Octreoscan en andere scans voor lokalisatie in het abdomengebied.
- Skelet (3 fasen). Een SPECT-CT wordt bij de voeten standaard gemaakt. Op indicatie ook bij de rug en de knieën. Voor de handen moet de patiënt ingewikkeld gepositioneerd worden en daarom gebeurt dit weinig.

Bij de aanschaf van het systeem is vooral bij de aanvragen van de afdeling orthopedie een verandering geweest. Meer botscans worden nu uitgevoerd en bij onderzoek van de voeten is het standaard geworden om een SPECT-CT te maken.

Het systeem heeft positieve punten, maar ook nadelen. De afdeling is erg te spreken over de CT-beelden en de mooie fusiebeelden. Ook de "Astonish" reconstructie wordt als erg mooi ervaren. Daarnaast werkt het systeem naar behoren en werkt het fijn.

Een nadeel is dat de meeste laboranten erg aan de afstandsbediening van het systeem (de userinterface) moesten wennen. Sommige laboranten vinden dat de knoppen niet logisch ingedeeld zijn waardoor soms een verkeerde detectorkop van de SPECT-camera beweegt. Verder zijn ze niet erg te spreken over het uitwerken van de uptake van schildklier. Hieraan is te weinig aandacht besteed om dit soepel te laten verlopen. Ook komt het wel eens voor dat het bed piept.

Zoals eerder benoemd is de afdeling erg te spreken over de kwaliteit van de CT-beelden en de fusiebeelden. Vaak wordt een standaard CT gemaakt en een reconstructie met een high resolution. Vooral de beelden met high resolution zijn erg goed. De botstructuren zijn goed te zien en afwijkingen zijn vaak eerder te vinden.

Het systeem is verder stabiel dan de Skylight camera die er eerst stond. Het apparaat geeft weinig problemen en werkt naar behoren.

Over het onderhoud en de service heeft de afdeling gemengde gevoelens. Het duurt soms lang voordat er servicemonteurs komen van Philips. Verder moet vaak zelf extra gebeld worden voor een snelle afwikkeling. Anderzijds is het werk dat ze leveren kwalitatief goed.

Over het algemeen zijn ze tevreden over het systeem. Het werkt naar behoren, met weinig problemen. Als ze nu opnieuw moesten kiezen voor een systeem zou de keuze opnieuw vallen op dit systeem.

8.2 Siemens

8.2.1 Orbis Medisch Centrum Sittard; Symbia T2

Op het moment van aanschaf (2005) was dit de enige SPECT-CT op de markt met een diagnostische CT. Dit was noodzakelijk, omdat dit een oplossing kon zijn voor de röntgenafdeling. Uiteindelijk is daar geen gebruik van gemaakt.

De meest voorkomende onderzoeken zijn:

- SN mamma
- MIBG
- Octreotidescan
- Botscans (aanvullend bij lokalisatie)
- Bijschildklier

Het systeem wordt niet gebruikt voor myocard onderzoek. Het enige voordeel hierbij is de attenuatiecorrectie en daar ziet de afdeling geen meerwaarde in. Bij de MIBG, octreotidescans en de bijschildklier is het standaard geworden om een SPECT-CT te doen. Bij skeletscintigrafie is dit alleen aanvullend.

Het systeem van Siemens werkt erg gemakkelijk. Het systeem geeft weinig problemen en de afdeling is erg tevreden. De kwaliteit van de opnames is erg goed. De CT is aan de langzame kant, maar de resolutie is gelijk aan een 16 slice scanner. Een wens zou een snellere CT zijn, maar op deze manier functioneert het goed.

Een nadeel van het systeem is dat steeds minder handmatig aangepast kan worden. Op deze manier worden minder fouten gemaakt, maar soms wordt het lastiger als specifieke parameters aangepast moeten worden. Ook is het niet mogelijk parameters tijdens een onderzoek aan te passen.

Het ziekenhuis heeft een all-in contract. Dit houdt in dat Siemens de updates en upgrades uitvoert en dat ze bij storingen deze komen verhelpen. De ervaring met Siemens is goed. Gedurende kantooruren kan altijd een monteur aan de telefoon komen en binnen 24 uur is het systeem gerepareerd. De SPECT-CT is onmisbaar geworden op de afdeling. Als weer een SPECT-CT systeem aangeschaft moest worden zou weer een apparaat van Siemens gekozen worden. Wel moet de CT dan sneller zijn dan het huidige systeem.

8.2.2 *Amphia Ziekenhuis lokatie Molengracht; Symbia T6*

Op het moment van keuze (ongeveer 2,5 jaar geleden) was nog niet veel te kiezen qua SPECT-CT's. GE had op dat moment alleen nog maar een verzwakkings-CT bij een SPECT-camera en de camera van Philips beschikte niet over een bodycontour functie, wat één van de eisen was bij aanschaf. Daarnaast was de afdeling al bekend met de software en hardware van Siemens, omdat op deze afdeling ook een Ecam van Siemens geplaatst is.

De keuze is gevallen op de T6. Op dat moment was keuze uit T1, T2 of T6. Één van de eisen van de afdeling was namelijk, dat het apparaat een dagprogramma van de radiologie over zou moeten kunnen nemen.

De meest voorkomende onderzoeken zijn:

- Skeletscintigrafie: wervelkolom, handen en voeten
- Bijschildklier
- DAT-scan (geen CT)
- Ontstekingen (Octrioscans)
- Lever en Milt

Op het systeem wordt geen myocard onderzoek gedaan. Dit is een bewuste keuze van de artsen in het ziekenhuis. Op de SPECT-CT worden ongeveer twee tot drie onderzoeken per dag gedaan met de CT (als aanvulling op het SPECT-onderzoek).

Over het algemeen is het een goed apparaat. Een nadeel van het apparaat is, dat dit maar één ding tegelijk kan. Verder vinden de laboranten de automatische bewegingen van de camera erg traag, met name de tafel. Dit wordt opgelost door de patiënt te positioneren en tegelijkertijd uitleg te geven. Naast de trage bewegingen, zijn wel heel veel verschillende bewegingen mogelijk. Het enige nadeel is dat de bovenste camerakop niet caudaal kan tilten (de onderste wel, maar minimaal)

De software van Esoft kost een hoop tijd om goed te leren. Daarom is het een voordeel als men al gewend is aan de software van Siemens.

De kwaliteit van de opnames is prima. De fusieplaatjes (SPECT-CT) zijn van goede kwaliteit. Verder zijn ook de plaatjes met verzwakkingscorrectie erg mooi. Verder is niet veel verschil tussen de kwaliteit van de SPECT-CT en de gewone SPECT-camera's op de afdeling. Het verschil is met het blote oog niet waar te nemen. Bij metingen blijkt echter wel dat de resolutie van de Symbia iets beter is dan die van de Ecam.

Daarnaast wordt deze camera soms gebruikt om een dagprogramma van de radiologie te vervangen. De SPECT-CT heeft dan ook een speciale CT-functie, waardoor alle SPECT-functies van de camera uitgeschakeld worden.

De kwaliteit van het systeem wordt over het algemeen als stabiel beschouwd. Tot nu toe is één keer een reboot uitgevoerd en een PMT vervangen. Daarnaast wordt aangeraden om voldoende preventief onderhoud uit te voeren bij de CT-scanner.

Voor storingen houdt de afdeling een logboek bij. In het begin hadden zij last van kleine storingen en foutmeldingen. Dit waren vaak foutmeldingen door gebruikersfouten. Inmiddels hebben zij door de registratie goed bij kunnen houden hoe deze opgelost kunnen worden, dus hier zijn geen problemen meer mee. Verder zijn nog nooit grote storingen voorgekomen.

De afdeling heeft gekozen voor een all-in contract met eigen werkzaamheden. Dit houdt in dat de afdeling eerstelijnsstoringen eerst zelf oplossen, en bij grotere problemen de fabrikant raadplegen. Verder hebben zij een buiscontract afgesloten, wat betekent dat zij bij een defecte buis van de CT direct een vervangende krijgen, zonder bijkomende kosten. Over het algemeen is het een prima apparaat, de afdeling is zeer content met de Symbia T6 van Siemens. Zij zouden, als ze nu mochten kiezen, weer dit apparaat aanschaffen.

8.3 GE

8.3.1 Isala Klinieken Zwolle; Discovery NM/CT 570c

Dit systeem is gekozen in samenwerking met de afdeling cardiologie. Op het moment van aanschaf was dit de enige cardiac-dedicated SPECT-CT met een 64 slice CT-scanner. De andere apparatuur op de afdeling is ook van GE. Myocard onderzoek is het enige onderzoek wat op het systeem gedaan wordt. Daar is het systeem ook speciaal voor bedoeld.

Op dit moment worden 8 myocard scans op een dag gedaan. Het is de bedoeling dat dit naar de 20 gaat. Een myocardscan duurt maar 5 minuten. De patiënt is dus snel klaar. In eerste instantie wordt een inspanningsonderzoek gedaan met eventueel een Ca-score. Aan de hand daarvan wordt bepaald of er ook een rustonderzoek komt of een CT-angio.

Het apparaat werkt naar behoren. Verschillende laboranten op de afdeling vinden echter dat de userinterface van Philips gebruiksvriendelijker is. Met Siemens hebben zij nog geen ervaring. Verder kan het gebeuren dat bij dunne patiënten de tafel erg hoog staat. Dit kan ervoor zorgen dat de patient tegen de gammacamera botst wanneer er een CT-scan wordt gemaakt. Hier moet dus altijd wel op gelet worden.

De kwaliteit van de CT-beelden is goed. Röntgenlaboranten in het ziekenhuis die soms ook met dit systeem werken vinden de kwaliteit van de beelden beter dan op de röntgenafdeling zelf. Daar hebben ze CT-scanners van Philips (een 16 slice en een 64 slice).

Omdat dit SPECT-CT systeem een van de eersten in de wereld is heeft het systeem soms last van kinderziekten. Af en toe ontstaan foutmeldingen als een kabel niet goed vast zit. Verder werkt het systeem goed. Tijdens kantooruren zijn de servicefabrikanten ook altijd goed bereikbaar. De afdeling heeft ook een contract waarin hulp op afstand wordt aangeboden. Dit functioneert goed en kan zorgen dat storingen eerder verholpen worden.

Over het algemeen is de afdeling erg tevreden over het systeem, alleen is het vervelend dat soms foutmeldingen voorkomen. De service van GE is goed en ze hopen dat de kinderziekten snel verholpen zijn.

8.3.2 Deventer Ziekenhuis; GE Hawkeye Infinia (1 slice)

De SPECT-CT is aangeschaft omdat de röntgenbeelden een meerwaarde geven. De afdeling heeft gekozen voor GE, omdat het systeem van Philips te groot was en de laborant die geïnterviewd is een slechte ervaring met Philips had. Tevens was een diagnostische CT te duur en had de afdeling al goede ervaringen met de service van GE. De vorige dubbelkops-gammacamera die vervangen werd was ook van GE. Deze had een goede resolutie. Uit het plan van eisen dat opgesteld is kwam GE uiteindelijk het beste naar voren.

De meest voorkomende onderzoeken zijn:

- Myocard perfusie 1 dagsprotocol . Dit heeft een grote meerwaarde vanwege de attenuatiecorrectie.
- Skeletscintigrafie. Bijna altijd een SPECT.

Met de aanschaf van het systeem worden op de afdeling meer myocard onderzoeken uitgevoerd. Door de attenuatiecorrectie is een betere diagnostiek mogelijk. Ook zijn meer aanvragen gekomen voor

skeletscintigrafieën. Men kan ook minder dosis toedienen of sneller scannen. Hierdoor is het mogelijk meer patiënten op een dag te scannen.

De laborant die geïnterviewd is heeft ervaring met GE, Siemens en Philips. Haar ervaring is dat Siemens makkelijker in het gebruik is. GE heeft wel als voordeel dat deze snel en simpel functioneert. Vooral bij het wisselen van collimatoren is dit een voordeel. Dit kan in enkele minuten gebeuren. Bij de acquisitie is het een voordeel dat je tijdens het onderzoek verschillende handelingen kunt toevoegen of aanpassen. Ook werkt GE met tabbladen die erg overzichtelijk zijn.

De kwaliteit van de opnames van de gammacamera is erg goed. De laborant vond wel dat Siemens betere gammacamera's heeft. Daar is de kwaliteit nog beter. De kwaliteit van de CT is ook prima. Wel merkte zij op dat er betere CT-systemen zijn. Op de PET-CT die ook in het ziekenhuis staat zit een 16-slice CT-scanner. De kwaliteit van dit systeem is veel beter. Dit komt doordat het mogelijk is om sneller te scannen met meer slices.

Over het algemeen is de afdeling tevreden met de kwaliteit van het systeem. Het systeem is verder erg robuust en heeft weinig storingen. Het ziekenhuis heeft een standaard servicecontract. De service is erg goed. Als problemen voorkomen, worden die meestal in één dag opgelost. De ervaring met Philips is dat dit veel langer duurt. Als op dit moment weer een SPECT-CT aanschaf moest worden, zou weer voor dit systeem gekozen worden. Uiteraard wel voorzien van de nieuwste specificaties.

9. Conclusies en aanbevelingen

Voor het trekken van de conclusies en bij het maken van de aanbevelingen is rekening gehouden met de volgende aspecten:

- CT-capaciteit in het CZE
- De meerwaarde van CT-beelden bij de nucleaire indicaties
- Vraag van specialisten in het CZE
- De te verkrijgen systemen
- Ervaringen van laboranten op andere nucleaire afdelingen

9.1 Inventarisatie

Het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven biedt topklinische zorg bij o.a. cardiologische ritmediagnostiek en behandeling, de interventiecardiologie, cardiothoracale chirurgie, hemodialyse, in vitro fertilisatie en radiotherapie. Daarnaast vervult het ziekenhuis een centrum- of doorwijsfunctie op het gebied van onder meer longziekten, vaatchirurgie, gynaecologische en urologische oncologie en oncologische chirurgie.

Bij de inventarisatie van de CT-capaciteit in het ziekenhuis is gebleken dat vier CT-systemen in gebruik zijn, namelijk:

- Philips Brilliance 64 slice
- Philips iCT 256 slice
- Philips Brilliance 16 Big Bore 16 slice
- Philips Gemini PET-CT GXL 16 slice

Halverwege het onderzoek is ook een CT-systeem geplaatst op de EHBO. Deze is verder niet meegenomen in het onderzoek.

Vanwege de grote CT-capaciteit van het CZE is het niet noodzakelijk zijn om een CT-systeem aan te schaffen met een diagnostische CT component van 16 slices of meer. Hierdoor voldoet ook de Philips Brightview xCT en de GE Infinia Hawkeye 4, maar zal een 64 slice systeem zoals de GE Discovery NM/CT 570c niet noodzakelijk zijn.

9.2 Indicaties

Aan de hand van een literatuurstudie is onderzocht bij welke indicaties er een meerwaarde is voor een SPECT-CT onderzoek. In onderstaande tabel zijn al deze indicaties genoemd met hun weegfactor.

Tabel 9.1 Onderzoeken met meerwaarde SPECT-CT

Onderzoek	Indicatie	Meerwaarde SPECT-CT	Weegfactor	Specialisme
<i>SPECT myocard ergo + rust</i>	Ischemie	Attenuatiecorrectie Ca-score: min 6 slice CT-CAG: min 64 slice	20,02	Cardiologie, Cardiochirurgie
<i>Skeletscintigrafie Total Body</i>	Metastasen, Tumoren	Ja	18,63	Orthopedie, Chirurgie
<i>Drie fasen Skeletscan</i>	Ontsteking, tumoren, TKP, THP	Ja	12,74	Orthopedie, Chirurgie
<i>SN mamma</i>	SN-opsporing	Aanvullend = Ja	5,01	Chirurgie
<i>Schildklierscintigrafie 24h uptake</i>	Berekening dosis therapie	Beperkt	4,28	Interne geneeskunde, Chirurgie
<i>Skeletscintigrafie partiëel</i>	Artrose, TKP, THP	ja	3,67	Orthopaedie, Chirurgie
<i>Longperfusie</i>	Longembolie; links-rechts verhouding	ja	3,13	Pulmonologie, Interne geneeskunde
<i>LVEF rust</i>	Vorbereiding ICD	beperkt	2,33	Cardiologie
<i>LVEF rust</i>	Monitoring effect CTx	beperkt	2,33	Interne geneeskunde, (Oncologie)
<i>Schildklierscintigrafie 3h uptake</i>	Hyperfunctie; koude nodus	beperkt	1,39	Interne geneeskunde, Chirurgie
<i>DAT-scan</i>	Parkinsonisme	beperkt	1,06	Neurologie, Geriatrie

<i>Total body I-131 diagnostisch</i>	Schildklier carcinoom	beperkt	0,83	Interne geneeskunde, (Oncologie)
<i>Nierscan statisch - Tc-99m-DMSA</i>	Bepaling functie, defecten	ja	0,70	Urologie, Kindergeneeskunde
<i>Total body I-131 na therapie</i>	Hyperthyreoidie, schildklier carcinoom	beperkt	0,58	Interne, Chirurgie
<i>Lymfscintigrafie benen</i>	Lymfoedeem	beperkt	0,56	Dermatologie, Interne geneeskunde
<i>Lymfscintigrafie armen</i>	Lymfoedeem	beperkt	0,56	Dermatologie, Chirurgie, Interne geneeskunde
<i>Lymfscintigrafie ogen</i>	Lymfoedeem	beperkt	0,56	Dermatologie, Oogheelkunde, KNO
<i>SN cervix</i>	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	0,56	Gynaecologie
<i>SN tumoren KNO-gebied</i>	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	0,54	KNO, Hoofd-/hals chirurgie
<i>SN vulva</i>	SN-opsporing	aanvullend	0,48	Gynaecologie
<i>SN endometrium</i>	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	0,48	Gynaecologie
<i>Bijschildklierscintigrafie</i>	Hyperfunctie adenoom	ja	0,46	Chirurgie, Interne geneeskunde
<i>SN melanoom</i>	SN-opsporing	aanvullend	0,43	Chirurgie, Dermatologie
<i>I-123-octreotide</i>	Neuroendocriene tumoren	ja	0,40	Chirurgie, Interne geneeskunde
<i>Leucocyten/HIG scintigrafie</i>	Ontsteking	ja	0,35	Interne, Chirurgie, Orthopaedie
<i>Longventilatie</i>	Longembolie	ja	0,27	Pulmonologie, Interne geneeskunde
<i>IBZM-scan</i>	Parkinsonisme	beperkt	0,27	Neurologie, Geriatrie
<i>Skelet-SPECT</i>	Fractuur, pseudo-artrose, ontsteking	ja	0,13	Orthopaedie, Chirurgie
<i>Tc-99m-HMPAO</i>	Perfusiestoornis	beperkt	0,08	Neurologie, Geriatrie
<i>Meckel's divertikel</i>	Gastrointestinale klachten, bloeding	beperkt	0,08	Kindergeneeskunde, Interne geneeskunde
<i>SN penis</i>	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	0,08	Urologie
<i>MIBG total body</i>	Pheochromocytoom (tumoren in bijniermerg)	ja	0,05	Interne geneeskunde, Chirurgie
<i>Galliumscintigrafie</i>	Ontsteking	beperkt ivm PET-CT	0,05	Interne geneeskunde, Chirurgie, Orthopaedie
<i>Galliumscintigrafie</i>	Lymfoom, chronische infectie	beperkt ivm PET-CT	0,05	Interne geneeskunde, (Oncologie)
<i>Cholescintigrafie - Tc-99m-HIDA</i>	Biliaire atresie	beperkt	0,01	Kindergeneeskunde
<i>Tc-99m sulfur colloid</i>	Splenosis	beperkt	0,01	Interne geneeskunde

9.3 Wens van specialisten

Aan de hand van de zwaarte en frequentie van deze indicaties uit de jaarcijfers van het Catharina ziekenhuis (inclusief indicaties naar aanleiding van de meerwaarde van SPECT-CT) zijn de meest belanghebbende specialisten aangetoond.

De belangrijkste aanvragende specialismen zijn, gerangschikt op de hoeveelheid aanvragen:

- Cardiologie
- Orthopedie
- Chirurgie
- Gynaecologie
- Interne geneeskunde
- Pulmonologie

Voor elk vakgebied is één specialist geïnterviewd. Aan hen is gevraagd bij welke indicaties zij een meerwaarde zien. Deze meningen kwamen overeen met de gevonden informatie uit de literatuur.

9.4 Pakket van eisen

Aan de hand van de vraag uit de kliniek is het pakket van eisen opgesteld. Door af te wegen welke fabrikant het beste aan het pakket van eisen voldoet is het mogelijk om de verschillende systemen te beoordelen. Hiervoor kan per eis een score worden toegekend van 5 tot 1 punten. Dit is van belang, zodat belangrijke aspecten hoger meewegen bij het vergelijken van de systemen.

De afdeling stelt als doel het in stand houden van de technische en diagnostische kwaliteit van de afdeling. De ontwikkeling van het hybride SPECT-CT systeem stelt de afdeling tevens in staat om nieuwe medische indicaties in de beeldvormende techniek als doelstelling te bereiken.

Aan de hand van de interviews met de specialisten en de uitgevoerde literatuurstudie is bepaald welke onderzoeken uitgevoerd moeten kunnen worden met de nieuwe SPECT-CT camera. Alle onderzoeken die uitgevoerd moeten kunnen worden zijn te zien in onderstaande tabel.

Tabel 9.2: Onderzoeken die uitgevoerd moeten kunnen worden op het aan te schaffen SPECT-CT systeem

Vakgebied	Onderzoek	Indicaties
Cardiologie	SPECT Myocard ergo + rust	Ischemie
Orthopedie	Skeletscintigrafie total body	Metastasen, Tumoren
	Skeletscintigrafie partiëel	Artrose, TKP, THP
	Drie fasen skeletscan	Ontsteking, tumoren, TKP, THP
	Skelet-SPECT	Fractuur, pseudo-artrose, ontsteking
	Leucocyten/HIG scintigrafie	TKP, THP Ontsteking
Gynaecologie	SN Vulva	SN-opsporing
	SN Endometrium	SN-opsporing
	SN Cervix	SN-opsporing
Chirurgie	Total body I-131 na therapie	Hyperthyreoidie, schildkliercarcinoom
	Total body I-131 diagnostisch	Schildkliercarcinoom
	SN mamma	SN-opsporing
	SN melanoom	SN-opsporing
	Lymfscintigrafie	Lymfoedeem
Interne geneeskunde	Bijschildklierscintigrafie	Hyperfunctie adenoom
	MIBG total body	Pheochromocytom (tumoren in bijniermerg)
	I-123-octreotide	Neuroendocriene tumoren
Pulmonologie	Longperfusie	Longembolie; links-rechts verhouding
	Longventilatie	Longembolie

Alle punten die in het pakket van eisen genoemd worden, zijn gebaseerd op de functionele eisen per vakgebied. De functionele eisen bepalen de specificaties van het systeem.

9.5 Fabrikanten

De aangeschreven fabrikanten hebben verschillende SPECT-CT systemen te bieden. Interviews zijn gehouden met de salesmanagers van Philips, Siemens en GE. De fabrikanten hebben aan kunnen geven wat hun systemen te bieden hebben op het gebied van hardware en software. De Discovery NM/CT 570c van GE is uiteindelijk niet meegenomen in de vergelijking tussen de systemen. Dit is een cardiac-dedicated systeem en voldoet niet aan de functionele eisen. Om een verschil tussen de systemen duidelijk te maken, is een tabel opgesteld met daarin de belangrijkste specificaties van de CT-systemen.

Tabel 9.3: Belangrijkste verschillen tussen de systemen

Eis	Philips Brightview xCT	Philips Precedence 16	Siemens T/T2*	Siemens T6	Siemens T16	GE Infinia Hawkeye 4	GE Discovery NM/CT 670
Diagnostische capaciteit	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja
Slices (isotroop)	Cone-beam	16	2	6	16	4	16
mA	5-80	20-500	30-240	20-345	20-345	1.0, 1.5, 2.0, 2.5.	10-440
Rotatietijd (per 360°)	12 sec	0.5 sec	0.8, 1.0, 1.5 sec	0.5, 0.6, 1.0, 1.5 sec	0.5, 0.6, 1.0, 1.5 sec	23,08 sec	Max 4.0 sec per rotatie
CT-scanlengte	14 cm per rotatie	168 cm	184 cm	184 cm	184 cm	195 cm	160cm
Spatiële resolutie	> 15lp/cm @ 10% MTF	Ultra high mode: 20.0 lp/cm @ cut-off High mode: 16.0 lp/cm @ cut-off Standard mode: 13.0 lp/cm @ cut-off	15,6 lp/cm @ 2% MTF	15,6 lp/cm @ 2% MTF	15,6 lp/cm @ 2% MTF	≥3lp/cm (4lp/cm for bone filter)	Standaard: 4.0 lp/cm @ 50% MTF 6.5 lp/cm @ 10% MTF 8.5 lp/cm @ 0% MTF High: 8.5 lp/cm @ 50% MTF 13.0 lp/cm @ 10% MTF 15.4 lp/cm @ 0% MTF
Veranderen van onderzoeks-Parameters tijdens een onderzoek	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Ionisch contrast-gebruik	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja

9.6 Andere ziekenhuizen

Om een beeld te krijgen van de verschillende systemen in de praktijk zijn van elke fabrikant twee systemen bekeken. Dit dient als ondersteuning bij de aanschaf van een SPECT-CT.

Over het algemeen hebben de ziekenhuizen goed overwogen welk SPECT-CT systeem aangeschaft moest worden. Zij hebben zelf een pakket van eisen opgesteld, waaruit bleek welk systeem het beste bij hun afdeling paste.

De indicaties zijn op alle afdelingen niet veranderd, wel is een toename aanwezig bij de onderzoeken van de orthopedie. Daarnaast wordt steeds vaker gebruik gemaakt van de mogelijkheid om een octreotidescan en een SN-onderzoek uit te voeren op de SPECT-CT.

Bij het bezoeken van ziekenhuizen is ook gelet op de gebruiksvriendelijkheid van de systemen en de ervaringen van de laboranten. De gebruiksvriendelijkheid was volgens alle afdelingen goed en daardoor voldoende om gemakkelijk mee te werken.

Daarnaast hadden veel systemen vlak na aanschaf kinderziekten. Door de fabrikanten zijn deze wel in de loop der tijd opgelost. Over de service van de fabrikanten wordt niet altijd positief gesproken. Dit verschilt per afdeling. Hierover vindt discussie plaats.

9.7 Tekortkomingen

Het onderzoek kent verschillende tekortkomingen. Bij het benaderen van de specialisten is erg weinig respons gekregen. Dit heeft er toe geleid dat er maar één specialist per vakgebied geïnterviewd kon worden. De vakgebieden orthopedie en pulmonologie konden door omstandigheden niet deelnemen aan een interview en hebben gekozen om een enquête in te vullen.

Bij het opstellen van het pakket van eisen was ook sprake van tekortkomingen. De Brightview xCT valt niet op alle specificaties goed te vergelijken met de andere systemen. Dit komt door het feit dat het systeem niet met een CT-systeem gekoppeld is, maar met een cone-beam röntgenbuis met flatpanel detector. Dit werkt volgens een ander principe. Alle genoemde onderzoeken kunnen echter wel uitgevoerd worden op de Brightview xCT.

Bij het bezoeken van de ziekenhuizen is per systeem maar één nucleaire afdeling bezocht. Het systeem van GE, de Discovery NM/CT 670, staat nog niet geplaatst in Nederland. Hierdoor is het niet mogelijk geweest om de ervaring met dit systeem in kaart te brengen.

9.8 Aanbevelingen

Voor de aanschaf van de SPECT-CT zijn verschillende aanbevelingen gedaan betreffende de CT-component. Deze kunnen gebruikt worden bij de definitieve beslissing voor het SPECT-CT systeem. De aanbevelingen zijn als volgt:

Bij het vergelijken van het pakket van eisen voor de CT component in relatie tot de functionele eisen per vakgebied, voldoet een diagnostische CT het beste. Deze aanbeveling is gebaseerd op de combinatie van de belangrijkste specificaties die nodig zijn om de functionele eisen per vakgebied het beste af te beelden, zoals contrastresolutie en spatiële resolutie. Ook moet de scanlengte van het systeem voldoende zijn, om grotere gebieden te kunnen scannen.

In het pakket van eisen scoren de GE Discovery NM/CT 670, Philips Precedence 16 en de Siemens Symbia dan ook het hoogst. Echter is voldoende diagnostische CT-capaciteit in het CZE aanwezig, dus is het niet noodzakelijk om een 16-slice systeem aan te schaffen.

Het is dan wel noodzakelijk om software aan te schaffen die de beelden, gemaakt met de bestaande CT-systemen, te fuseren met de nieuw te maken SPECT beelden. De cardioloog ziet een duidelijke meerwaarde bij gefuseerde myocard perfusie onderzoek van SPECT met CT-CAG beelden van 64 slices of meer. Speciale software die deze fusie met cardiac beelden mogelijk maakt is noodzakelijk.

Welke software optioneel is en welke standaard geleverd wordt, moet worden bekeken. Dit verschilt per fabrikant. De standaard en optionele software staat beschreven in hoofdstuk 6. Afspraken kunnen hierover met de fabrikanten gemaakt worden.

De afdeling nucleaire geneeskunde beschikt reeds over drie Siemens gammacamera's. Inbedding van nieuwe Siemens camera's in het digitale netwerk is makkelijker. Tevens heeft het personeel al kennis van de acquisitie en processing software. Dit wordt als een voordeel beschouwd.

De resultaten van het aanschafproject uit het ziekenhuis, dat zich focust op de gammacamera van het SPECT-CT systeem, moet vergeleken worden met de minimale eisen en specificaties van het CT-systeem.

Literatuurlijst

Artikels

1. G. Mariani, A. Flotats, e.a. (2008): *Clinical Applications of SPECT-CT: New Hybrid Nuclear Medicine Imaging System*, IAEA, Wenen
2. G. Mariani, L. Bruselli, T. Kuwert e.a. (2010): *A review on the clinical uses of SPECT-CT*, Springer-Verlag
3. K. Rozovsky, B. Z. Koplewitz e.a. (2007): *Added Value of SPECT-CT for Correlation of MIBG Scintigraphy and Diagnostic CT in Neuroblastoma and Pheochromocytoma*, American Roentgen Ray Society, Israel

Websites

4. http://www.bordet.be/nl/diensten/medisch/nukleair/conv/spect_n/spect_n.htm
5. http://www.zol.be/Internet/uploadedFiles/ZOLarium_35_lowres.pdf
6. <http://ilkemontag.be/nl/2/nucleairegeneeskunde.html>
7. http://www.hooyvelt.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=92&Itemid=98
8. <http://www.lymfoedeem.nl/nlnet/view/396>
9. http://ilkemontag.be/uploads/IlkeMontag/editor/file/Folder_Sentinel_Node.pdf
10. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Schildwachtlier>
11. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Lymfoom>
12. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Parkinsonisme>
13. <http://www.kwfkankerbestrijding.nl/index.jsp?objectid=15308>
14. <http://www.e-gezondheid.be/informatie-bijschildklieren/ziekten-aandoeningen-1-990-4013.htm#hyperfunctie>
15. <http://www.intmed.unimaas.nl/hemonc/schlier.htm>
16. <http://www.umcn.nl/Kinderziekenhuis/zorg/Ziektebeelden/Pages/Pheochromocytom.aspx>
17. <http://www.novartisoncology.nl/pdf/Neuro-endocriene%20tumoren.pdf>
18. http://www.oncoline.nl/index.php?pagina=/richtlijn/item/pagina.php&richtlijn_id=511
19. <http://mens-en-gezondheid.infonu.nl/aandoeningen/41428-aandoeningen-ischemie.html>
20. <http://www.medicinfo.nl/{7a485e69-1e72-4c99-8254-802aec865b81}>
21. <http://www.hartziekte.be/ventrikelseptumdefect%20%28VSD%29.html>
22. http://nl.wikipedia.org/wiki/Implanteerbare_cardioverter-defibrillator
23. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Longembolie>
24. http://www.p-c-d.org/nl/informatie/symposium_1998/klachten_luchtwegen.html
25. http://www.rivm.nl/vtv/object_document/o1061n17274.html
26. <http://www.dokterdokter.nl/medisch/begrippen/view/id/10366/gastro-intestinaal>
27. http://www.gezondheid.be/index.cfm?fuseaction=openmailart&art_id=2303
28. <http://www.medicinfo.nl/{da24d13f-01eb-41be-906f-1d0a890006ad}>
29. <http://www.catharina-ziekenhuis.nl/Site/loader/loader.aspx?DocumentID=fb068ade-07a9-4237-8b76-715ac3f60626>
30. <http://www.galgangatresie.nl/page3.html>
31. <http://www.blaasexstrophie.nl/home/blaasexstrophy/reflux>
32. <http://www.maagdarmlever.nl/content/lever/leverkanker.asp>
33. <http://www.kiesbeter.nl/MEDISCHEINFORMATIE/botmetastase/botmetastase/kosmos>
34. http://www.rivm.nl/vtv/object_class/kom_artrose.html
35. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Botbreuk>
36. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Pseudoartrose>
37. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Osteomyelitis>
38. <http://www.umcg.nl/Patienten/ziekten/bottumoren/overBottumoren/Pages/overBottumoren.aspx>

Boeken

39. A.A.F. Jochems en F.W.M.G. Joosten (2003): *Zakwoordenboek van de Geneeskunde*, 27e druk, Elsevier Gezondheidszorg, Doetinchem, blz. 795

Personen

40. Mw. dr. M. Edelbroek, nucleair geneeskundige van het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven
41. Peter van Loon, salesmanager NM, Philips Healthcare
42. Michel Guerchaft, Business Line Manager NM BeNeLux, Clinical Scientist NM, Philips Healthcare
43. Bob Hoogenboom, salesmanager NM, Siemens.
44. Dennis van Dijk, salesmanager NM, GE Healthcare

Bijlagen

Bijlage 1: Indicaties SPECT- CT

Bloed

Ontsteking

Bij bepaling van het witte bloedbeeld gaat het over witte bloedcellen (leukocyten) waarbij o.a. gekeken wordt naar het totaal aantal witte bloedcellen. Verhoging van het totaal aantal witte bloedcellen (= leucocytose) kan bijvoorbeeld bij een chronische ontsteking of bij bijvoorbeeld lymfeklierkanker (= leucose) optreden. Verlaging van het totaal aantal witte bloedcellen (= leucopenie) kan bij een heftige acute ontsteking optreden. ⁷

Lymfe

Lymfoedeem

Lymfoedeem is een abnormale ophoping van eiwitten en vocht in het lichaamsweefsel als gevolg van een gestoord evenwicht tussen aan- en afvoer van vocht.

De klachten die hierbij kunnen ontstaan zijn: zwelling, vermoeid en zwaar gevoel, pijn, beperkingen in de beweging, beperkingen in het dagelijks functioneren, huidafwijkingen en infecties

Soms kan lymfoedeem aangeboren zijn. Men spreekt dan van primair lymfoedeem. Vanaf de geboorte zijn er dan minder lymfbanen aanwezig waardoor in de loop van het leven zwelling kan ontstaan. Soms wordt dit uitgelokt door een ontsteking.

Secundair lymfoedeem is lymfoedeem dat ontstaat door een beschadiging van het lymfsysteem. Dit kan bijvoorbeeld ontstaan door infecties (wondroos), bij langdurig bestaande spataders of na doorgemaakte trombose.

Ook kan het optreden na een behandeling voor kanker waarbij lymfklieren moesten worden weggenomen.

In principe kan elke beschadiging van lymfbanen het evenwicht in de lymfcirculatie verstoren waardoor lymfoedeem ontstaat. ⁸

Sentinel Node

De sentinel node wordt ook wel schildwachtklier of poortwachtersklier genoemd. De schildwachtklier is de eerste lymfeklier, waarheen kankercellen uitzaaien. Bij een schildwachtklierprocedure wordt geprobeerd juist deze lymfeklier te onderzoeken, om via een kleine ingreep zo zeker mogelijk te weten of er uitzaaiing naar de lymfklieren heeft plaatsgevonden. ^{9,10}

Lymfoom, chronische infectie

Lymfoom kan verschillende betekenissen hebben:

- een vergrote lymfeklier, hoofdzakelijk ten gevolge van een immunologische reactie, meestal (>99%) niet kwaadaardig maar als reactie op een infectie.
- een vorm van kanker uitgaande van lymfocyten (maligne lymfoom).
- mediterrane lymfoom, plasmocytoomachtige neoplasieën in de dunne darm. ¹¹

Centraal Zenuwstelsel

Parkinsonisme

Parkinsonisme zijn verschijnselen van het hypokinetisch rigide syndroom. Het hypokinetische rigide syndroom is een neurologisch ziektebeeld waarbij de dopaminerge zenuwcellen in het striatum niet meer naar behoren functioneert. Wanneer deze door andere oorzaken teweeg gebracht worden dan door degeneratie van de zenuwcellen van de substantia nigra (zoals bij de ziekte van Parkinson) spreekt men van Parkinsonisme. De ziekte heeft wel dezelfde verschijnselen als de ziekte van Parkinson zoals;

- Tremor (schudbeweging door onwillekeurige contractie van spieren);
- Rigiditeit (stijfheid, zowel mentaal als psychisch);
- Akenisie (door verminderde dopaminerge celactiviteit het moeilijk kunnen selecteren en activeren van motorische programma's in het centraal zenuwstelsel;
- Houdingswijkingen. ¹²

Maligniteit

Binnen de schedel kunnen verschillende soorten tumoren ontstaan. Van belang is de plaats waar de tumor ontstaat en van waaruit deze groeit. Meestal gaat het om een tumor die vanuit de hersencellen ontstaat: de primaire hersentumor.

Deze tumor ontstaat in de hersenen zelf en wordt ook wel een intracerebrale tumor genoemd (intra = binnen; cerebraal = hersenen). De meest voorkomende primaire hersentumor is een glioom. Deze ontstaat in de steuncellen (= glia) van de hersenen. De belangrijkste soorten gliomen zijn: astrocytomen (de meest voorkomende), oligodendrogliomen en de vrij zeldzame ependymomen. ¹³

Perfusiestoornis

Bij een perfusiestoornis is er een verminderde doorbloeding in het centrale zenuwstelsel. Klachten die hierbij optreden zijn sufheid en duizeligheid.

Endocrinologie

Hyperfunctie: adenoom (bijschildklier)

De bijschildklieren zijn kleine endocriene kliertjes die achter en tegen de schildklier aan liggen. Bij een verhoogde bijschildklieractiviteit is de hoeveelheid parathormoon in het bloed te hoog. Meestal, in bijna driekwart van de gevallen, is de oorzaak een goedaardig gezwel (adenoom) van de bijschildklieren, en het resulterende ziektebeeld noemt men hyperparathyroidie. ¹⁴

Hyperfunctie: koude nodus (schildklier)

Het vinden van een koude nodus, dat wil zeggen een solitaire nodus die geen technetium opneemt, kan bij een schildklierscintigrafie niet differentiëren tussen het bestaan van een cyste, adenoom dan wel carcinoom. ¹⁵

Pheochromocytoom

Een pheochromocytoom is een zeldzame tumor in de bijnier die voortkomt uit het bijniermerg. Deze tumoren maken de hormonen adrenaline en noradrenaline aan en geven dit af aan het lichaam. Heel soms (in 10% van de gevallen) vinden we een pheochromocytoom ook buiten de bijnier. Zit de tumor in de bijnier, dan is hij meestal (in 95% van de gevallen) aan één kant te vinden. In slechts 5% van de gevallen zit de tumor aan beide kanten. ¹⁶

Neuro-endocriene tumoren

Neuro-endocriene tumoren (NET) zijn tumoren die ontstaan uit cellen die hormonen produceren, de zogenaamde neuro-endocriene cellen. Hormonen worden aan de bloedbaan afgegeven en door het bloed getransporteerd naar de zogenaamde doelwitorganen. Daarom worden hormonen ook wel de boodschappers van het lichaam genoemd. Neuro-endocriene cellen kunnen te snel delen en daardoor gezwellen (tumoren) vormen. Neuro-endocriene tumoren kunnen verschillende stoffen en hormonen produceren, deze stoffen en hormonen kunnen vervolgens allerlei klachten veroorzaken.

Neuro-endocriene cellen komen onder andere voor in het maag-, darm- en longstelsel alsmede in de alvleesklier (pancreas). Hier kunnen zich verschillende soorten neuro-endocriene tumoren vormen, afhankelijk van de locatie en de belangrijkste stof die door een tumor wordt aangemaakt, spreken we van carcinoïd tumoren, gastrinomen, glucagonomen, insulinomen of VIPomen. Deze tumoren komen slechts zeer zelden voor. Vaak zijn het langzaam groeiende tumoren, die pas na jaren ontdekt worden. ¹⁷

Schildkliercarcinoom

Het schildkliercarcinoom is een zeldzame aandoening. Van de diverse vormen van schildkliercarcinoom komen het papillaire en folliculaire type het meest voor. Zij worden ook wel aangeduid als gedifferentieerd schildkliercarcinoom, waarbij aangetekend moet worden dat er ook medullaire vormen van schildkliercarcinoom bestaan die gedifferentieerd zijn. Het papillaire en folliculaire type vormen zo'n 80-90% van alle schildkliercarcinomen, in een verhouding van papillair: folliculair van 3:1. Door de specifieke tumorkarakteristieken (jodiumopnemend vermogen, productie van thyreoglobuline) vormen zij qua behandeling en follow-up een aparte groep en zullen als zodanig in deze richtlijn worden besproken. De resterende 10-20% bestaat uit medullair en anaplastisch schildkliercarcinoom. ¹⁸

Hart en Vaatziekten

Ischemie

Als er te weinig bloed door een orgaan stroomt, is er sprake van ischemie. Ischemie wordt meestal veroorzaakt door beschadigingen in de bloedvaten, en kan tot gevolg hebben dat organen beschadigd raken door een zuurstoftekort.

Mogelijke oorzaken van ischemie:

- Een aandoening aan het hart (als het hart niet voldoende klopt, of niet krachtig genoeg, stroomt er te weinig bloed naar de organen)
- Trombose
- Embolie
- Atherosclerose
- Intussusceptie (ineengeschoven stuk darm)
- De bloedtoevoer is verminderd door bijvoorbeeld een verwonding waarbij veel bloed is verloren

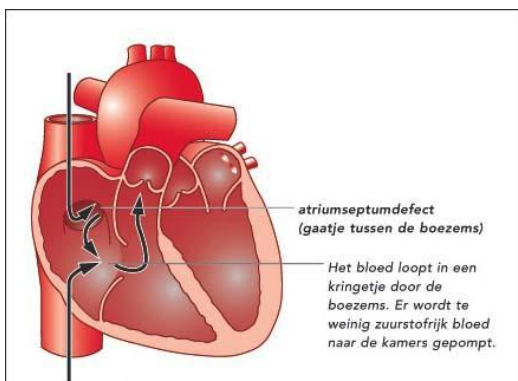
Gevolgen:

De hersenen zijn het gevoeligst voor de gevolgen van ischemie. De hersenen lopen namelijk al na een paar minuten onomkeerbare schade op door zuurstoftekort. Daarnaast is de hartspier erg gevoelig voor zuurstoftekort. De andere organen kunnen vaak enkele uren zonder zuurstof (zeker als ze gekoeld blijven). ¹⁹

ASD

Van een atriumseptumdefect (ASD) is sprake als in het atriumseptum, de wand tussen de rechter- en de linkerboezem van het hart, een opening aanwezig is, zodat een abnormale verbinding tussen de twee boezems ontstaat.

Normaal gesproken pompt de rechterhelft van het hart bloed naar de longen, waar het met zuurstof wordt verrijkt. Het zuurstofrijke bloed stroomt dan naar de linkerhelft van het hart en wordt van daaruit naar de rest van het lichaam gepompt. Aangezien de druk in de linkerhelft van het hart hoger is dan die in de rechterhelft, stroomt het bloed bij een atriumseptumdefect van de linker- naar de rechterboezem. Dit wordt een links-rechts-shunt genoemd. ²⁰

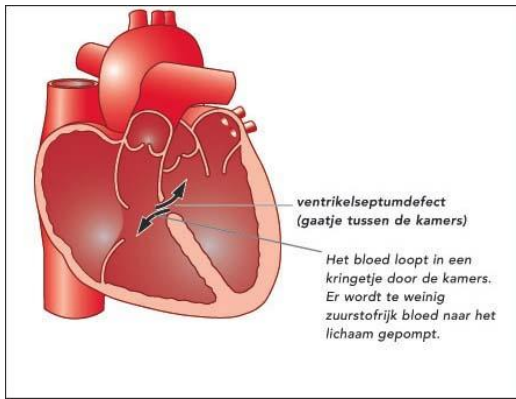


Figuur 7; Atriumseptumdefect ²⁰

VSD

Het ventrikelseptumdefect (VSD) is een aangeboren hartafwijking waarbij er een gaatje is in het tussenschot (septum) tussen de linker- en rechterkamer (ventrikel) van het hart. Er stroomt dan bloed van de linker- naar de rechterkamer, waardoor zuurstofrijk bloed wordt vermengd met zuurstofarm bloed. Dit vermengde bloed wordt vervolgens weer naar de longen gepompt.

De ernst van de aandoening varieert van matig tot zeer ernstig. Hoe groter het gaatje, hoe eerder het hart en de longen overbelast worden. Soms kan hartfalen ontstaan. Soms ook kan het gaatje op een lastige plaats zitten, bijvoorbeeld vlakbij een hartklep, waardoor deze kan gaan lekken. ²¹



Figuur 8; Ventrikelseptumdefect ²⁰

Vorbereiding ICD

Een implanteerbare cardio-defibrillator, ook wel in het Engels Implantable Cardio Defibrillator, afgekort ICD is een inwendige defibrillator. Dit is een apparaatje dat een hevige elektrische schok aan het hart kan geven in het geval van een levensbedreigende hartritmestoornis. De patiënt krijgt de schok, anders dan bij een defibrillatie van buiten, nu van binnenuit toegediend. Moderne ICD's hebben ook functies die voorheen door pacemakers werden verricht. Daarnaast heeft een ICD soms ook een werking als een biventriculaire pacemaker. ²²

Monitoring effect chemotherapie

Voor en tijdens de behandeling met chemotherapie is het van belang om de ejectiefractie van het linkerventrikel te controleren. Door behandeling met cytostatica kan de functie van het linkerventrikel achteruit gaan. Alvorens een nieuwe behandeling te starten is het daarom belangrijk om te controleren of de functie nog goed genoeg is.

Longen

Longembolie

Een longembolie is een embolie (afsluiting) van een longslagader (arteria pulmonalis), waardoor het erdoor verzorgde longweefsel niet of slechts gedeeltelijk van bloed kan worden voorzien. Dit heeft negatieve gevolgen voor de zuurstofopname in de long, voor het aangedane deel van de long zelf (al ontstaat meestal geen longinfarct omdat de long beschikt over veel collateraalvaten), en bij zeer grote afsluitingen voor het hart. De afsluiting bestaat vrijwel altijd uit een bloedstolsel, hoewel onder zeer bijzondere omstandigheden andere embolieën wel eens kunnen optreden (bijvoorbeeld met lucht). ²³

Links-rechtsverhouding

Hierbij wordt gekeken wat de verhouding is van de functie van beide longen. Dit is vaak van toepassing bij een pre-operatieve aanvraag.

Stoornis nasaal mucocilair transport.

Trilharen of "cilia" komen voor aan de oppervlakte van het slijmvlies dat de luchtwegen, zoals de trachea, de bronchi, de neus, middenoor en de sinussen bekleedt

Ciliën hebben een essentiële functie bij het mucocilaire transport. Dit transport is één van de belangrijkste afweermechanismen van de luchtwegen. Hiermee worden ingeademde deeltjes die schadelijk kunnen zijn afgevoerd. Het mucociliaire transport komt tot stand doordat de luchtwegen bekleed zijn met cellen die mucus (slijm) produceren en dit mucus kunnen afvoeren naar de mondkeelholte waar het wordt verwijderd door slikken of ophoesten. Dit transport kan alleen goed functioneren als het mucus normaal van samenstelling is en de cilia goed functioneren. Bij een goed functionerend mucocilair transport is de transportsnelheid circa 5 mm/minuut; de transportsnelheid is het hoogst in de luchtpijp en de neus, maar geringer in de kleinere luchtwegen. Bij een normale transportsnelheid zijn deeltjes die ver in de bronchioli zijn neergeslagen binnen 6 uur weer uit de luchtwegen verwijderd. ²⁴

Longcarcinoom

Longkanker is een maligne vorm van kanker die uitgaat van het longweefsel. Symptomen hangen af van de plaats van het carcinoom. Centraal gelegen carcinomen geven meer klachten dan meer perifeer gelegen tumoren. Daardoor worden ze soms pas later ontdekt en kunnen klachten pas ontstaan bij uitzaaiingen. De symptomen zijn;

- Verandering in het hoestpatroon (hardnekkige prikkelhoest);
- Opgeven van (bloederig) slijm;
- Wheezing (kortademigheid gepaard met een fluitend geluid;
- (terugkerende) longontsteking;
- Zeurende pijn op de borst. ²⁵

Maag/Darm

Gastro-intestinale klachten

Gastro-intestinale klachten zijn klachten met betrekking tot het maag/darm stelsel, zoals misselijkheid, braken, atypische abdominale pijn, diarree of constipatie, een verstoring van de leverfunctie of abdominale krampen zonder duidelijke oorzaak.

Een voorbeeld van een ziektebeeld dat past bij deze klachten is het Meckels Divertikel. ^{26,27}

Mogelijke oorzaken

- Sommige insecticiden en pesticiden kunnen een invloed hebben op de hepatische functie en misselijkheid en braken veroorzaken. Bestrijding van insecten in huis of de aanwezigheid van hout, leder, tapijten, enz. die tegen insecten werden behandeld, kunnen een eerste aanwijzing zijn. Kinderen zijn bijzonder gevoelig voor deze producten. Arsenicum dat de laatste tijd veel gebruikt wordt om hout te bleken, kan door kinderen worden ingeslikt of geïnhaleerd bij verbranding (bv. barbecue). Noteer dat ook de voedingsproducten die met dergelijk hout worden gegrild, kunnen aangetast zijn.
- Koolstofmonoxide (CO) kan ongemerkt en gedurende lange tijd vrijkomen uit verwarmingsinstallaties (waterverwarmer, kachel...) en gebrekkige rookafvoerkanalen. Dit kan aanleiding geven tot misselijkheid, braken, enz. Daarom moeten vragen worden gesteld over de verbrandingstoestellen (waterverwarmer, kachel...) en de schoorstenen (worden ze geregeld nagekeken?). Bovendien moeten ook de huisgenoten worden gecontroleerd op mogelijke symptomen (algemeen, neurologisch, misselijkheid...).
- Lood: kan vooral bij kinderen de oorzaak zijn van diarree (soms het enige teken van een loodvergiftiging), abdominale pijn, misselijkheid, braken, anorexie... Men dient hierop bedacht te zijn bij pica-gedrag. Oude verven zijn een belangrijke oorzaak van loodvergiftiging, ook omdat ze een zoete smaak hebben. Ook de aanwezigheid van industrie in de buurt, het gebruik van loodhoudende kookpotten, sommige traditionele geneeswijzen en loden waterleidingbuizen kunnen een mogelijke oorzaak zijn.
- Schimmels: kunnen oorzaak zijn van misselijkheid. Ze zijn vooral aanwezig in vochtige, slecht verluchte ruimten. Een schimmelgeur of schimmelvlekken op muren en plafonds zijn een belangrijke indicator.
- Sommige vluchtige organische verbindingen zoals benzeen, toluen of de gechloreerde oplosmiddelen kunnen een effect hebben op de hepatische functie. Bij een recent gebouwde, verbouwde of heringerichte woning moet men steeds rekening houden met de aanwezigheid van deze agentia, vooral als de ruimten slecht verlucht worden, warm en vochtig zijn. Ook doe-het-zelf activiteiten moeten een rood licht doen branden.
- Voedingsallergenen. ^{26,27}

Gastro-intestinale Bloeding

Het maag-darmkanaal is een min of meer buisvormige structuur die begint in de mond en loopt tot aan de anus. De voornaamste functie ervan is het afbreken van voedsel tot eenvoudige afzonderlijke bestanddelen zodat deze vervolgens in het lichaam kunnen worden opgenomen. Het maag-darmkanaal, ook wel het spijsverteringskanaal genoemd, kan door verschillende ziekten worden aangetast. Vaak gaat dat gepaard met beschadiging van de wand van het maag-darmkanaal en van de bloedvaten in deze wand. In zo'n situatie kan een bloeding optreden.

Bloedingen kunnen zowel in het bovenste als het onderste deel van het maag-darmkanaal optreden. Het bovenste deel bestaat uit de slokdarm (oesophagus), de maag en de twaalfvingerige darm (duodenum), net onder de maag. Het onderste deel omvat de dunne darm, dikke darm, rectum en anus. Bloedingen in het maag-darmkanaal kunnen dan ook worden onderverdeeld in bloedingen in het bovenste en bloedingen in het onderste deel van het maag-darmkanaal. ²⁸

Maagledigingsstoornis

Een maagledigingsstoornis betekent dat het voedsel niet met een normale snelheid door de maag gaat, maar bijvoorbeeld te traag of te snel. ²⁹

Biliaire atresie

Biliaire atresie wordt ook wel galgangatresie genoemd.

Galgangatresie is een zeldzame afwijking, die in Nederland en West-Europa voorkomt bij ongeveer 1 op de 20.000 babies. In Nederland worden gemiddeld 10 kinderen per jaar met galgangatresie geboren, net iets meer meisjes dan jongens. De aandoening is niet erfelijk.

Galgangatresie betekent dat de galafvoerbuys en/of de galgangen in de lever zijn afgesloten. Gal wordt geproduceerd door de levercellen en zorgt ervoor dat vetten verteerd kunnen worden. Wanneer sprake is van galgangatresie is door een nog onverklaard ontstekingsproces geen uitscheiding van gal via de lever naar de darmen mogelijk. Het kanaaltje dat daar normaal gesproken voor zorgt, de galafvoerbuys, bestaat niet, of is door de ontsteking verstopt. ³⁰

Stoornis speekselproductie of afvoer

Hiervoor wordt een speekselklierscintigrafie uitgevoerd. Deze geeft de functie van de parotiden en submandibulaire speekselklieren weer.

Nieren

Bepaling functie, afvloed

Bij bepaling van de functie en de afvloed van de nieren, wordt bekeken hoe de functie is van de nier en hoe snel de urine wordt uitgescheiden.

Bepaling functie, defecten

Het radiofarmacon wordt in de niertubuli gestapeld. Ruimte-innemende processen en afwijkingen met verlies van nierparenchym worden hierbij als defecten afgebeeld.

Bepaling reflux

Reflux is het terugstromen van urine vanuit de blaas "terug" naar de nieren. Reflux wordt veroorzaakt door het niet goed functioneren of het niet goed aangelegd zijn van het afsluitmechanisme van de urineleiders in de blaas. ³¹

Lever & Milt

Levercarcinoom

Leverkanker komt vrij vaak voor. Meestal als gevolg van uitzaaiingen van kanker op een andere plek in het lichaam. Dit wordt secundaire leverkanker genoemd (of levermetastasen). Als de kanker in de lever zelf ontstaat wordt het primaire leverkanker genoemd. Dit komt in Europa vrij weinig voor. Primaire leverkanker ontstaat door ongeremde deling van levercellen en wordt in Nederland 200 tot 300 keer geconstateerd. Mannen krijgen het twee keer zo vaak als vrouwen. De meeste patiënten zijn ouder dan 70.

De lever bestaat uit miljoenen cellen. Deze cellen worden constant vernieuwd vanwege veroudering en beschadiging van de cellen. Dit vervangingsproces gebeurt door een proces dat celdeling heet: een cel splitst zich in tweeën en zo zijn er opeens 2 cellen. Die delen zich ook weer enzovoorts. Bij dit delen van cellen kan er iets mis gaan. De celdeling kan verstoord raken, waardoor cellen zich verkeerd delen. Zo ontstaan er cellen die geen functie hebben, maar zich wel weer delen. Dit leidt tot een woekering van cellen dat uitmondt in een kwaadaardige tumor.

Secundaire leverkanker ontstaat als gevolg van uitzaaiingen van kankergezwellen in andere delen van het lichaam. Als kankercellen van een tumor loslaten, kunnen deze cellen via het bloed of via het lymfestelsel terechtkomen op een andere plek in het lichaam. Daar kunnen ze dan uitgroeien tot een nieuwe tumor. Darmkanker bijvoorbeeld zaait vaak uit naar de lever. De lever is ook gevoelig voor uitzaaiingen omdat er veel bloed door de lever stroomt.³²

Splenosis

Autotransplantatie van multiple miltweefselnoduli (zie nodulus) in het buikvlies na miltbeschadiging

39

Skelet

Botmetastasen

Botmetastase of secundaire botkanker is kanker die is uitgezaaid vanuit andere delen van het lichaam. Metastasen ontwikkelen zich vaak in pijpbeenderen ribben, bekken, schedel of wervelkolom. Dit komt veel meer voor dan primaire botkanker, vooral bij oudere mensen, bij wie andere kanker meer voorkomt.

Vormen van kanker die het meest naar bot uitzaaien, zijn borst-, long-, schildklier-, nier- en prostaatkanker. ³³

Artrose

Artrose of gewichtsslijtage is de meest voorkomende gewrichtsaandoening op oudere leeftijd. Het belangrijkste kenmerk is de structuurverandering, verlies van kraakbeen en osteofyten (botwoekeringen) in gewrichten. Dit leidt tot verlies van de normale verhoudingen in het gewricht, met als gevolg (pijn)klachten, ochtend- en startstijfheid en beperkingen in het bewegen. ³⁴

Fractuur

Een botbreuk of fractuur is het onderbreken van de continuïteit van het bot. Het kan gaan om een scheur in het bot, maar ook het volledig in stukken gebroken zijn van het bot. Binnen de geneeskunde wordt het #-teken gebruikt als afkorting van fractuur. ³⁵

Pseudo-artrose

Pseudoartrose is het verschijnsel dat optreedt wanneer een botbreuk niet vastgroeit, waardoor er een vals gewricht ontstaat. Wanneer er na zes maanden geen sprake is van consolidatie, dat wil zeggen vastgroeiing, tussen de twee of meer delen van een fractuur, is er sprake van non union en dus van pseudoartrose. Als de delen over een periode langer dan vier maanden maar korter dan zes maanden niet vastgegroeid zijn, is er sprake van vertraagde botheling of delayed union.

Pseudoartrose treedt vaak op na breuken in de schacht van lange pijpbeenderen, in boven- en onderarm en boven- en onderbeen. Een ander berucht bot waarin veelvuldig pseudoartrose optreedt, is het os scaphoideum. ³⁶

Ontsteking

Een ander woord voor botontsteking is osteomyelitis.

Osteomyelitis is een infectie van het bot of beenmerg die doorgaans veroorzaakt wordt door bacteriën zoals Staphylococcus aureus, maar ook wel eens door mycobacteriën of, zelden, door de E. coli-bacterie. Bij een aangedaan bot geeft de zwelling van het beenmerg problemen doordat bloedvaten in het beenmerg afgekneld worden en zo de bloedtoevoer in het gedrang komt. Hierdoor kunnen stukken botweefsel afsterven en losraken ('sequesters'). Rondom de aangedane botdelen kan de infectie zich verspreiden en kunnen abscessen ontstaan. Osteomyelitis is een ernstige aandoening die vrij makkelijk kan leiden tot functieverlies van het getroffen ledemaat.

Osteomyelitis kan veroorzaakt worden door besmetting vanuit het bloed, door infectie van nabijgelegen weefsel, en door directe infectie, bijvoorbeeld na een open botbreuk, of chirurgie. Hemodialyse en intraveneus druggebruik verhogen de gevoeligheid voor osteomyelitis van de ruggenwervels. ³⁷

TKP, THP

TKP is de afkorting voor Totale Knie Prothese, THP staat voor Totale Heup Prothese

Er wordt vaak een onderzoek aangevraagd ter controle van de prothesen, vaak kan deze loslaten, of ontstekingen veroorzaken.

Bottumoren

Een bottumor is een tumor die in de botten zit. Een bottumor kan ontstaan uit beenweefsel (bot en kraakbeen) of uit cellen die geen bot of kraakbeen maken, maar die wel in de botten aanwezig zijn. Dit zijn bijvoorbeeld bloedvaten of bindweefselcellen.

Er bestaan kwaadaardige en goedaardige bottumoren:

- Kwaadaardige bottumoren (=kanker)
Bij kwaadaardige tumoren is de celdeling zodanig beschadigd, dat het lichaam de celdeling niet meer onder controle krijgt en de cellen overmatig groeien. Eerst ontstaat er een zwelling van het aangedane botstuk. De kwaadaardige cellen drukken niet alleen tegen de omliggende weefsels aan, maar kunnen er ook ingroeien. Ook kunnen kwaadaardige cellen zich verspreiden via lymfevaten en bloedvaten naar andere delen van het lichaam. Heeft u een kwaadaardige tumor, dan wordt bij de diagnose gekeken of de tumor ook is uitgezaaid naar andere delen van het lichaam.
- Goedaardige bottumoren
Deze zijn meestal goed begrensd, groeien niet door andere weefsels heen en verspreiden zich niet door het lichaam. Wel kan een dergelijke tumor tegen omliggende weefsels drukken. Dit kan zo hinderlijk of pijnlijk zijn dat de tumor verwijderd moet worden. ³⁸

Bijlage 2: Indicaties en meerwaarde SPECT-CT

ONDERZOEK	INDICATIES	MEERWAARDE SPECT-CT	AANTAL ONDERZOEKEN	FREQUENTIE	WEEGFAC TOR	SPECIALISME
LONGEN						
Longperfusie	Longembolie; links-rechts verhouding	ja	117	0,0313	3,13	Pulmonologie, Interne
Longventilatie	Longembolie	ja	10	0,0027	0,27	Pulmonologie, Interne
Nasaal mucociliair transport	Transport stoornis	ja	0	0,0000	0,00	Kindergeneeskunde, Pulmonologie
99m-Tc depreotide	Longcarcinoom	Beperkt ivm PET-CT	0	0,0000	0,00	Pulmonologie, Interne
HART EN BLOEDVATEN						
SPECT myo ergo+rust	Ischemie	attenuatiecorrectie	748	0,2002	20,02	Cardiologie; Cardiochirurgie
		afhankelijk van aantal slices --> Ja				
		Ca-score; CT-CAG				
SPECT myo rust(thallium)	Ischemie, viabiliteit	nee	3	0,0008	0,00	Cardiologie, Cardiochirurgie
Li-re shunt/ re-li shunt	ASD, VSD	zeer beperkt	0	0,0000	0,00	Cardiochirurgie, Cardiologie
LVEF rust	Vorbereiding ICD	beperkt	174	0,0466	2,33	Cardiologie
	Monitoring effekt CTx	beperkt				Interne (Oncologie)
SKELET						
Skeletscintigrafie total body	Metastasen, Tumoren	ja	696	0,1863	18,63	Orthopaedie, Chirurgie
Skeletscintigrafie partiëel	Artrose, TKP, THP	ja	137	0,0367	3,67	Orthopaedie, Chirurgie
Drie fasen skeletscan	Ontsteking, tumoren, TKP, THP	ja	476	0,1274	12,74	Orthopaedie, Chirurgie
Skelet-SPECT	Fractuur, pseudo-artrose, ontsteking	ja	5	0,0013	0,13	Orthopaedie, Chirurgie
	TKP, THP (beperkte meerwaarde SPECT-CT)					
ENDOCRINOLOGIE						
bijschilddklierscintigrafie	Hyperfunctie adenoom	ja	17	0,0046	0,46	Chirurgie, Interne
schilddklierscintigrafie 3h uptake	Hyperfunctie; koude nodus	beperkt	104	0,0278	1,39	Interne, Chirurgie
schilddklierscintigrafie 24h	Berekening dosis therapie	beperkt	320	0,0857	4,28	Interne, Chirurgie

uptake						
MIBG total body	Pheochromocytoom (tumoren in bijniermerg)	ja	2	0,0005	0,05	Interne, Chirurgie
I-123-octreotide	Neuroendocriene tumoren	ja	15	0,0040	0,40	Chirurgie, Interne
total body I-131 na therapie	Hyperthyreoidie, schildkliercarcinoom	beperkt	43	0,0115	0,58	Interne, Chirurgie
total body I-131 diagnostisch	Schildkliercarcinoom	beperkt	62	0,0166	0,83	Interne (Oncologie)
UROGENITAAL SYSTEEM						
Renogram Tc-99m-MAG3	Bepaling functie, afvoer	nee	271	0,0725	0,00	Urologie, Kindergeneeskunde
Nierscan statisch - Tc-99m- DMSA	Bepaling functie, defecten	beperkt	26	0,0070	0,35	Urologie, Kindergeneeskunde
Indirect mictiescintigram	Bepaling reflux	nee	29	0,0078	0,00	Urologie, Kindergeneeskunde
CZS						
DAT-scan	Parkinsonisme	beperkt	79	0,0211	1,06	Neurologie, Geriatrie
IBZM-scan	Parkinsonisme	beperkt	20	0,0054	0,27	Neurologie, Geriatrie
Thallium-201	Maligniteit	beperkt	0	0,0000	0,00	Neurochirurgie, Neurologie
Tc-99m-HMPAO	Perfusiestoornis	beperkt	6	0,0016	0,08	Neurologie, Geriatrie
TRACTUS DIGESTIVUS						
Meckel's divertikel	Gastrointestinale klachten, bloeding	beperkt	6	0,0016	0,08	Kindergeneeskunde, Interne
Maagdarmbloeding	Gastrointestinale bloeding	beperkt	0	0,0000	0,00	Interne
Maagontlediging	Maagledigingsstoornis	nee	26	0,0070	0,00	Interne
Cholescintigrafie - Tc-99m- HIDA	Biliaire atresie	beperkt	1	0,0003	0,01	Kindergeneeskunde
Speekselklierscintigrafie	Stoornis speekselproductie of afvoer	beperkt	0	0,0000	0,00	KNO, Interne
Tc-99m MAA	Levercarcinoom	beperkt	0	0,0000	0,00	Interne
Tc-99m sulfur colloid	Splenosis	beperkt	1	0,0003	0,01	Interne
BLOED, INFECTIE, TUMOR						
Galliumscintigrafie	Ontsteking	beperkt ivm PET-CT	4	0,0011	0,05	Interne, Chirurgie,

						Orthopaedie
	Lymfoom, chronische infectie	beperkt ivm PET-CT				Interne (Oncologie)
Leucocyten/HIG scintigrafie	Ontsteking	ja	13	0,0035	0,35	Interne, Chirurgie, Orthopaedie
lymfscintigrafie benen	Lymfoedeem	beperkt				Dermatologie, Interne
lymfscintigrafie armen	Lymfoedeem	beperkt	42	0,0112	0,56	Dermatologie, Chirurgie, Interne
lymfscintigrafie ogen	Lymfoedeem	beperkt				Dermatologie, Oogheelkunde, KNO
Sentinel node scintigrafie Tc-99m colloid						
• mamma	SN-opsporing	aanvullend	187	0,0501	5,01	Chirurgie
• melanoom	SN-opsporing	aanvullend	16	0,0043	0,43	Chirurgie, Dermatologie
• vulva	SN-opsporing	aanvullend	18	0,0048	0,48	Gynaecologie
• endometrium	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	18	0,0048	0,48	Gynaecologie
• cervix	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	21	0,0056	0,56	Gynaecologie
• penis	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	3	0,0008	0,08	Urologie
• tumoren KNO-gebied	nog niet toegepast	alleen uit te voeren met SPECT-CT	20	0,0054	0,54	KNO, Hoofd-/hals chirurgie
		TOTAAL AANTAL ONDERZOEKEN	3736			

FREQUENTIE: aantal verrichtingen onderzoek / totaal aantal verrichtingen

WEEGFACTOR: frequentie onderzoek x toegevoegde waarde CT

Nee = 0

Zeer beperkt = 25

Beperkt = 50

Ja = 100

Het aantal onderzoeken is overgenomen uit het jaarverslag van 2009

De frequenties van nieuwe indicaties (zie SN) zijn geschat op basis van deze gegevens

Het beste idee voor een SPECT-CT
Jasper Weetink, Kyra Jansen, Mariska Kuijpers

Bijlage 3: Samenvatting specialisten

Interview specialisten n.a.v. indicaties SPECT-CT-camera

Inleiding

Wij zijn drie afstuderende studenten MBRT aan de Fontys Paramedische Hogeschool. Op dit moment doen wij onderzoek n.a.v. de te verwachten aanschaf van een SPECT-CT-camera op de afdeling Nucleaire geneeskunde in het Catharina Ziekenhuis.

Voor dit onderzoek zouden wij graag een kort interview met u willen houden, waarbij de indicaties en vraag naar deze diagnostische techniek vanuit de verschillende specialismen wordt geïnventariseerd. Ter verduidelijking van de SPECT-CT-techniek volgt hieronder een korte samenvatting.

SPECT-CT

SPECT-CT behoort tot de zogenaamde hybride beeldvormende technieken, waarbij gelijktijdige anatomische en metabole informatie van het onderzochte gebied wordt verkregen.

SPECT staat voor 'Single Photon Emissie Computed Tomography'. Bij deze conventionele nucleaire techniek worden 3-dimensionale tomografische beelden verkregen van het metabole gedrag van radiofarmaca, waarbij gammastraling in één richting wordt uitgezonden. Dit i.t.t. tot de PET-techniek waarbij positron-emitters worden gebruikt, waarbij t.g.v. een annihilatieproces 2 gammastralen in tegengestelde richting worden uitgezonden.

Tot nu toe worden b.v. SPECT-onderzoeken bijgemaakt van een LWK of de regio van de bijschildklier om de metabole afwijking 3-dimensionaal te kunnen bekijken. Ook neurotransmitterscintigrafie wordt met de SPECT-techniek opgenomen. Om de acquisitietijd van de nucleaire beelden te halveren wordt meestal gebruik gemaakt van een dubbeldkops-gammacamera.

Bij de SPECT-CT techniek wordt de hoge sensitiviteit van het conventionele scintigrafische onderzoek (planair en SPECT) gecombineerd met het lokaliserend en karakteriserend vermogen van de CT.

De toegevoegde informatie van de CT aan de nucleaire SPECT-beelden en interpretatie zijn:

- Exacte anatomische lokalisatie van het letsel;
- Informatie over de vorm en afmeting van het letsel;
- Structurele aspecten van het letsel (vb. betreft het osteodens of osteolytisch botletsel)

Vanuit de literatuur wordt er duidelijke winst in de nauwkeurigheid van de diagnosestelling en lokalisering gerapporteerd o.a. bij voet- en handletfels en de SPECT-CT-techniek maakt de lokalisering van dieper gelegen sentinel nodes mogelijk.

Er zijn diverse modellen van SPECT-CT-camera's op de markt, waarbij het aantal slices van de CT-component varieert van 2 tot 64 slices.

Ons onderzoek en interview zal zich vooral richten op het soort CT-systeem dat gekoppeld zit aan het SPECT-systeem. Dit is o.a. afhankelijk van de indicaties, zoals die leven in uw vakgroep.

Bij voorbaat dank voor uw medewerking,

Kyra Jansen
Mariska Kuijpers
Jasper Weetink

Voor eventuele vragen kunt u contact met ons opnemen via j.weetink@student.fontys.nl

z.o.z. voor een lijst met mogelijke indicaties

Toepassingen SPECT-CT

Aangezien SPECT-CT een vrij nieuwe technologie is, neemt het aantal indicaties ervoor nog steeds gestaag toe. Onderstaand een opsomming van indicaties waarvoor een SPECT-CT onderzoek aangevraagd kan worden:

- Bloed
 - Ontsteking
- Lymfe
 - Lymfoedeem
 - Sentinel Node
 - Mamma, melanoom, vulva, (cervix, endometrium, penis, hoofd/hals)
 - Lymfoom, chronische infectie (Gallium067; vervangen door 18-FDG-PET)
- Centraal zenuwstelsel
 - Parkinsonisme (toevoeging CT geen tot relatief weinig waarde)
 - Maligniteit (Thallium-201)
 - Perfusiestoornis
- Endocrinologie
 - Bijschildklier
 - Schildklier
 - Koude nodus, hete nodus
 - Schildkliercarcinoom (I-131 therapie en follow-up)
 - Hyperfunctie bijschildklier
 - Pheochromocytoom (combinatie met I-123-MIBG)
 - Neuroendocriene tumoren (combinatie met In-111-pentretotide, I-123-MIBG)
- Hart- en vaatziekten
 - Ischemie (minimaal 64 slice-CT)
 - Ca-score CAD (minimaal 16 slices)
 - Rechts-links schunt/ links-rechts shunt
 - LVEF (cardiaal en monitoring effect van chemothera[pie])
 - Voorbereiding ICD (combinatie met I-123-MIBG)
 - Longembolie
 - Longen : links-rechts perfusieverhouding
- Maag/darm
 - Gastro-intestinale bloeding
 - Maagledigingsstoornis (toevoeging CT: geen tot relatief weinig waarde)
 - Biliaire atresie
 - Stoornis speekselproductie of afvoer
 - Stoornis nasaal mucocilair transport
- Nieren
 - Bepaling functie, afvloed
 - Bepaling parenchymdefecten
 - Bepaling vesicoureterale reflux
- Lever & milt
 - Bijmilt
- Skelet
 - Botmetastasen
 - Artrose
 - Fractuur
 - Pseudo-artrose
 - Ontsteking
 - TKP
 - THP
 - Osteoid osteoom
 - OD-haard
 - Kruisbandletsel

Bijlage 4: Topiclijsten en enquêtes specialisten

Topiclijst specialisten Cardiologie

1. Specialist
2. Leeftijd
3. Fulltime/Parttime
4. Meest aangevraagde onderzoeken (Nucleaire geneeskunde) + frequentie
5. Kennis m.b.t. SPECT-CT
6. Verwachte toegevoegde waarde SPECT-CT
 - Ischemie o.b.v. CAD
 - Toevoegende waarde CA-score (minimaal 6 slice-CT)
 - Inspanningsgebonden ischemie
 - Zonder CT-CAG (≤ 6 slice-CT voldoende)
 - Met CT-CAG (minimaal 64 slice-CT)
 - (Fusie Tc-sestamibiscintigrafie + stenosen coronairen op CT)
 - Hartfalen
 - LVEF (monitoring effect van chemotherapie)
 - Bepaling plaatsing ICD (combinatie met I-123 MIBG)
7. Verwachte aangevraagde onderzoeken SPECT-CT + frequentie

Topiclijst specialisten Gynaecologie (oncologische chirurgen)

1. Specialist
2. Leeftijd
3. Fulltime/Parttime
4. Meest aangevraagde onderzoeken (Nucleaire geneeskunde) + frequentie
5. Kennis m.b.t. SPECT-CT
6. Verwachte toegevoegde waarde SPECT-CT
 - Meerwaarde SN mamma, vulva
 - Meerwaarde SN cervix- en endometriumcarcinoom
7. Verwachte aangevraagde onderzoeken SPECT-CT + frequentie

Topiclijst specialisten Nucleaire geneeskunde/Interne geneeskunde

1. Specialist
2. Leeftijd
3. Fulltime/Parttime
4. Meest aangevraagde onderzoeken (Nucleaire geneeskunde) + frequentie
5. Kennis m.b.t. SPECT-CT
6. Verwachte toegevoegde waarde SPECT-CT
 - Bijschildklier
 - Schildklier
 - Koude nodus, hete nodus
 - Schildkliercarcinoom (I-131 therapie en follow-up)
 - Pheochromocytoom (combinatie met I-123-MIBG)
 - Neuroendocriene tumoren (combinatie met In-111-pentreoctide, I-123-MIBG)
 - Stadiëring botmetastasen
 - Longembolie
 - LVEF (monitoring effect van chemotherapie)
7. Verwachte aangevraagde onderzoeken SPECT-CT + frequentie

Topiclijst specialisten Oncologische Chirurgie

1. Specialist
2. Leeftijd
3. Fulltime/Parttime
4. Meest aangevraagde onderzoeken (Nucleaire geneeskunde) + frequentie
5. Kennis m.b.t. SPECT-CT
6. Verwachte toegevoegde waarde SPECT-CT
 - Meerwaarde SN mamma en melanoom
 - Meerwaarde SN hoofd-/halstumoren
 - Bijschildklier
 - Schildklier
 - Neuroendocriene tumoren
7. Verwachte aangevraagde onderzoeken SPECT-CT + frequentie

Enquête specialisten Orthopedie

1. Specialist:

2. Leeftijd:

3. Fulltime/Parttime:

4. Meest aangevraagde onderzoeken (Nucleaire geneeskunde) + frequentie

5. Verwachte toegevoegde waarde SPECT-CT

Indicatie		Meerwaarde: Ja/Nee/Beperkt
Prothesen (TKP, THP)	Loslating	
	Infectie	
Artrodesen		
Post-traumatische aandoeningen	Fracturen	
	Kruisbandletsel	
	OD-haard	
	Non-union	
(Pre)oncologische aandoeningen	Osteoid osteoom	
	Botmetastasen	
	Bottumoren	
Overige	Osteomyelitis	
	AVN	
	Artrose	

7. Verwachte aangevraagde onderzoeken SPECT-CT + frequentie

Enquête specialisten Pulmonologie

1. Specialist:

2. Leeftijd:

3. Fulltime/Parttime:

4. Meest aangevraagde onderzoeken (Nucleaire geneeskunde) + frequentie

6. Verwachte toegevoegde waarde SPECT-CT

Indicatie	Meerwaarde: Ja/Nee/Beperkt
Longembolie	
Links-rechts perfusieverhouding	

7. Verwachte aangevraagde onderzoeken SPECT-CT + frequentie

Bijlage 5: Pakket van eisen

Doelstellingen					
Met de komst van een SPECT-CT wordt als algemene doelstelling voor de afdeling gesteld: Het waarborgen van de kwaliteit, het plannen van onderzoeken en het aanpakken van nieuwe medische uitdagingen.					
De gewenste nieuwe SPECT-CT inclusief software, accessoires en diensten moet voldoen aan de volgende doelstellingen:					
1. Bijdragen aan een verhoging van de technische en diagnostische kwaliteit van de afdeling nucleaire geneeskunde in het CZE.					
2. Het SPECT-CT systeem moet minimaal dezelfde productie kunnen leveren als de huidige gammacamera.					
3. De software van het SPECT-CT systeem moet voldoen aan de functionele eisen per vakgebied, afgestemd op de vraag van het CZE.					
4. De diagnostische kwaliteit van de opnames voor de specifieke indicaties moet verbeterd worden met het nieuwe systeem					
5. De SPECT-CT camera dient bij aanschaf zo compleet mogelijk te zijn, zodat alle specialisten gebruik kunnen maken van de modernste diagnostische mogelijkheden					
Functionele eisen per vakgebied			Knockout	Eis	Wens
Per specialisme is een opsomming gemaakt van indicaties die met het SPECT-CT systeem moeten kunnen worden onderzocht. De acquisitiesoftware en bijbehorende post-processingsoftware die hiervoor benodigd zijn moeten dan ook minimaal geïnstalleerd zijn op de SPECT-CT.					
Cardiologie	SPECT Myocard ergo + rust	Ischemie	x		
Orthopedie	Skeletscintigrafie total body	Metastasen, Tumoren	x		
	Skeletscintigrafie partiëel	Artrose, TKP, THP	x		
	Drie fasen skeletscan	Ontsteking, tumoren, TKP, THP	x		
	Skelet-SPECT	Fractuur, pseudo-artrose, ontsteking	x		
		TKP, THP			x
	Leucocyten/HIG scintigrafie	Ontsteking	x		
Gynaecologie	SN Vulva	SN-opsporing	x		
	SN Endometrium	SN-opsporing	x		
	SN Cervix	SN-opsporing	x		

			Knockout	Eis	Wens
Chirurgie	Total body I-131 na therapie	Hyperthyreoidie, schildkliercarcinoom		x	
	Total body I-131 diagnostisch	Schildkliercarcinoom		x	
	SN mamma	SN-opsporing			x
	SN melanoom	SN-opsporing	x		
	Lymfscintigrafie	Lymfoedeem			x
Interne geneeskunde					
	Bijschildklierscintigrafie	Hyperfunctie adenoom	x		
	MIBG total body	Pheochromocytoom (tumoren in bijniermerg)	x		
	I-123-octreotide	Neuroendocriene tumoren	x		
Pulmonologie					
	Longperfusie	Longembolie; links-rechts verhouding		x	
	Longventilatie	Longembolie		x	

Hardware	Knockout	Eis	Wens
Gantry			
Grootte scanopening.	≥ 70 cm		
Match tafelpositie CT + SPECT	na correctie $\leq 0,2$ cm		
Bediening van de tafel is mogelijk via een handcontroller in de scanruimte en in de bedieningsruimte.			x
Software gestuurde verplaatsing van tafel en/of gantry naar vooraf te definiëren posities.		x	
Draagcapaciteit van de tafel		≥ 175 kg	
In geval van nood moet de patiënt snel van tafel gehaald kunnen worden.		x	
Monitor in scanruimte.			x
Röntgenbuis / Generator			
CT-scan lengte.	≥ 150 cm		
Onderzoek parameters zijn voor en tijdens het onderzoek snel te wijzigen			x
Het kVp	120-140 Kv		
Het mA	$\geq 20-30$ mA		
Detector systeem			
Aantal slices met isotrope voxels.	≥ 2 slices		
Spatiële resolutie.	≥ 13 lp/cm		
Selectie van plakdikten		x	
Rotatiesnelheid.	≤ 12 sec per 360° rotatie.		
Optimale 3D en multiplanar reconstruction.		x	

Software	Knockout	Eis	Wens
Beeldgeneratie en verwerking			
Snelle beeldreconstructie	x		
Reconstructie matrix	≥ 512		
FOV	≥ 40 cm		
Goede cone beam reconstructiealgoritme aanwezig		x	
Goede artefact reductie algoritmes aanwezig		x	
Absorptie range	-1000 tot +3000 HU		
Keuzemogelijkheden voor plakdikte van de reconstructie		x	
Koppeling met philips pacs, esoft en jive-X, EBW	x		
Lokale opslag op optische media (CD+DVD systeem) van patiëntenbeelden		x	
Snelle postprocessing	x		
CT-attenuatie scan	x		
Scatter-correctie	x		
Overige software			
Werklijst import vanuit RIS/HIS.	x		
Mogelijkheid tot afdrukken vanuit de workflow		x	
Vrij programmeerbare geprotocolleerde onderzoeken		x	
Mogelijkheid om door het geheel gescande volume te bewegen (scrollen)	x		
Mogelijkheid om de beelden te fuseren	x		
Mogelijkheid om eerder gemaakte SPECT onderzoeken te fuseren met de nieuwe CT-scan		x	
Mogelijkheid om eerder gemaakte CT beelden (ook gemaakt met andere CT-scanners) te fuseren met de nieuw verkregen nucleaire beelden		x	
Cardiac reconstructiesoftware voor fusie van SPECT beelden met CT beelden (Ook gemaakt met andere CT-scanners)		x	
3-D reconstructie en weergave	x		
Contrast getriggerde opnamestart			x
Op de achtergrond archiveren van beelden	x		
DICOM compatible data transport	x		
Software voor kwaliteitcontroles (NEMA)	x		
Werkstation voor het bekijken en bewerken van data.	x		
Beelden moeten door artsen te bekijken zijn op hun werkplekken	x		
Mogelijkheid om beelden te bekijken via VPN verbinding			x

Accessoires	Knockout	Eis	Wens
Accessoires			
Comfort benodigheden voor de patiënt zoals immobilisatie kussentjes	x		
Armsteunen voor cardiac onderzoeken		x	
Monitor/accessoires voor ECG triggering	x		
SPECT-CT camera moet compatibel zijn met een contrastpomp van covidien			x

Fabrikant	Knockout	Eis	Wens
Onderhoud en service			
<i>Preventief onderhoud en veiligheidsinspecties</i>			
Regelmatig vindt er preventief onderhoud, inclusief veiligheidsinspecties plaats. Aandachtspunten hierbij zijn:			
1. Controle van elektrische - en mechanische veiligheid.	x		
2. Controle (stralings)veiligheid en instellingen.	x		
3. Controle functionaliteit en beeldkwaliteit.	x		
<i>Het opsporen en verhelpen van storingen</i>			
In eerste instantie worden storingen door de eigen technici verholpen. Wanneer de leverancier ingeschakeld moet worden dient deze binnen 24 uur aanwezig te zijn. Tevens zorgt de leverancier voor adequate levering van de onderdelen.		x	
Updates en upgrades			
Zowel voor soft- als hardware bestaat de mogelijkheid te updaten en upgraden ter verbetering en uitbreiding van de functionaliteit.	x		
Op het moment van aanschaf moet de software op het systeem state of the art zijn.	x		
Leverancier houdt de afdeling op de hoogte van eventuele updates en upgrades en wat de veranderingen inhouden.		x	
Het aanbrengen van update(s) en upgrade(s) dient zoveel mogelijk gecombineerd te worden met het preventief onderhoud.			x
De leverancier geeft bij upgrades een specificatie van de kosten. Indien noodzakelijk wordt ook aangegeven welke hardware vervangen dient te worden.		x	

Bijlage 6: Specificaties CT-systemen

Philips Precedence SPECT-CT – 16

Specificaties Algemeen	Precedence SPECT-CT - 16
Afmetingen Gantry (HxWxD)	267,3cm x 356cm x 610cm
Gewicht	4773kg
Power requirements, SPECT-CT	100kVA (max)
Heat load (gantry)	30.000 BTU/hr
Gantry cooling	Air-cooled
Gantryopening	73cm (SPECT), 70cm (CT)

Specificaties Tafel	Precedence SPECT-CT - 16
Type materiaal	High modulus carbon fiber
Dikte	31,7mm
Attenuatie	< 9,5% @ 140keV
Afmetingen LxB	200cm x 40,6cm
Hoogte (vanaf vloer)	60 cm - 91,6cm
Maximum belasting	195kg
CT scan lengte	168cm
SPECT scan lengte + UFOV	175cm + 38cm
Hybride scan lengte	175cm
Horizontale snelheid	150mm/s (max)

Specificaties CT	Precedence SPECT-CT - 16
Type detector	Solid state GOS
Number elements/channels/ fan beam	16,128 32,256 effective with DFS
Generator output	60kW
kV	90, 120, 140 kVp
mA	20 tot 500mA in 1mA increments
Effectieve warmte opslag capaciteit	26 MHU
Anode opslag capaciteit	8,0 MHU
Maximale koeling anode	1608 kHU/min
Focal spot (IEC)	Groot: 1.0mm x 1.0mm Klein: 0.5mm x 1.0mm
Spatiële resolutie	Ultra high mode: 20.0 lp/cm @ cut-off High mode: 16.0 lp/cm @ cut-off Standard mode: 13.0 lp/cm @ cut-off
Ruis	0,27% gemeten op het Philips systeem fantoom (21,6cm water equivalent)
Absorptie range	-1000 tot +3096 Hounsfield units
Scan tijden	0.4, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2 seconden voor full 360° scans 0.28, 0.33 seconden voor partieel 240° scans
Scan veld	250mm, 500mm
Slice collimatie	2x0.6mm, 16x0.75mm, 16x1.5mm, 8x3.0mm, 4x4.5mm
Slice dikte	Spiral: 0.65 - 7.5mm variabel Axial: 0.6 - 12mm
Max rotatie snelheid	0.5 seconden, 0,4* seconden
Scan matrix	512, 768 en 1024
Maximum spiraal volume/ Maximum spiraal scantijd	150cm / 100sec

0.4* second 360 rotation speed (up to 38 slices per second) provides better temporal resolution in advanced clinical applications, including coronary artery imaging, cardiac perfusion and other high-speed motion-free imaging. The high-speed especially benefits prospective gating with up to 20% improvement in temporal resolution compared to 0.5 second rotation.

Philips Brightview XCT

Specificaties Algemeen	Philips Brightview XCT
Afmetingen Gantry (HxWxD)	210cm x 212cm x 97cm
Gewicht (zonder collimators)	2045kg
Power requirements, SPECT-CT	480 VAC, 50A, 3 phase
Heat load (gantry)	6831 BTU/hr
Gantry cooling	
Gantryopening	91,4cm

Specificaties Tafel	Philips Brightview XCT
Type materiaal	Carbon Fiber
Dikte	9,5mm
Attenuatie	<7% @ 140keV
Afmetingen LxB	243cm x 47,5cm
Afmetingen Pallet	212cm x 38,1cm
Hoogte (vanaf vloer)	59,4cm - 102,8cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	
SPECT scan lengte + UFOV	200cm + 40,6cm
Hybride scan lengte	
Horizontale snelheid	

Specificaties CT	Philips Brightview XCT
Type detector	Digital amorphous silicon, columnar CsI scintillator
Number of elements	3,145,728
Generator output	10kW, pulsed (2msec. to continuous)
kVp	120 rotating anode
mA	5-80
Effectieve warmte opslag capaciteit	
Anode opslag capaciteit	600kHU
Maximale koeling anode	1350HU/sec
Focal spot (IEC)	0,4mm
Spatiële resolutie	> 15lp/cm @ 10% MTF
Ruis	
Absorptie range	-1000 tot +3000 Hounsfield units
Scan tijden	
Scan veld	
Slice collimatie	
Slice dikte	Variabel van 0.33mm tot 2.0+mm
Max rotatie snelheid	12seconden voor 360° rotatie
Scan matrix	256 en 512
Maximum spiraal volume/	
Maximum spiraal scantijd	

Siemens Symbia T16

Specificaties Algemeen	Siemens Symbia T16
Afmetingen Gantry (HxWxD)	225cm x 231cm x 203cm
Gewicht	3113kg
Power requirements, SPECT-CT	72,2kVA (max)
Heat load (gantry)	9215 BTU (higher during CT operation)
Gantry cooling	
Gantryopening	70cm

Specificaties Tafel	Siemens Symbia T16
Type materiaal	Carbon Fiber
Dikte	15mm
Attenuatie	<10% @ 140keV
Afmetingen LxB	248,0cm x 81,9cm
Hoogte (vanaf vloer)	53,3 tot 119,4cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	184cm
SPECT scan lengte + UFOV	200cm + 40cm
Hybride scan lengte	184cm
Horizontale snelheid	3 - 600cm/min

Specificaties CT	Siemens Symbia T16
Type detector	DURA 422 MV High Performance CT X-ray Tube
Max number of slices/rotation	16
Number of detector elements	17,664
Generator output	50kW (max)
kV	80, 110, 130kV
mA	20-345mA
Effectieve warmte opslag capaciteit	
Anode opslag capaciteit	5.0MHU
Maximale koeling anode	
Focal spot (IEC)	0.8x0.5mm/7° 0.8x0.7mm/7°
Spatiële resolutie	
Ruis	
Absorptie range	-1024 tot +3071 Hounsfield units
Scan tijden	0.5*, 0.6, 1.0, 1.5s (±5%) seconden voor full 360° scans 0.33*, 0.4 (±5%) seconden voor partieel 240° scans
Scan veld	184cm max length
Slice collimatie	4x0.6mm, 12x0.6mm, 16x0.6mm, 2x5mm, 12x1.2mm, 2x8mm, 16x1.2mm
Slice dikte	0.6 tot 19.2mm
Rotatietijd	0.5, 0.6, 1.0, 1.5 seconden
Scan matrix	512x512
Maximum spiraal volume/	186cm / 100sec
Maximum spiraal scantijd	

Siemens Symbia T6

Specificaties Algemeen	Siemens Symbia T6
Afmetingen Gantry (HxWxD)	225cm x 231cm x 203cm
Gewicht	3113kg
Power requirements, SPECT-CT	72,2kVA (max)
Heat load (gantry)	9215 BTU (higher during CT operation)
Gantry cooling	
Gantryopening	70cm

Specificaties Tafel	Siemens Symbia T6
Type materiaal	Carbon Fiber
Dikte	15mm
Attenuatie	<10% @ 140keV
Afmetingen LxB	248,0cm x 81,9cm
Hoogte (vanaf vloer)	53,3 tot 119,4cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	184cm
SPECT scan lengte + UFOV	200cm + 40cm
Hybride scan lengte	184cm
Horizontale snelheid	3 - 600cm/min

Specificaties CT	Siemens Symbia T6
Type detector	DURA 422 MV High Performance CT X-ray Tube
Max number of slices/rotation	6
Number of detector elements	11.776
Generator output	50kW (max)
kV	80, 110, 130kV
mA	20-345mA
Effectieve warmte opslag capaciteit	
Anode opslag capaciteit	5.0MHU
Maximale koeling anode	
Focal spot (IEC)	0.8x0.5mm/7° 0.8x0.7mm/7°
Spatiële resolutie	
Ruis	
Absorptie range	-1024 tot +3071 Hounsfield units
Scan tijden	0.6, 0.8, 1.0, 1.5 (±5%) seconden voor full 360° scans 0.4, 0.53 (±5%) seconden voor partieel 240° scans
Scan veld	184cm max length
Slice collimatie	6x1mm, 6x2mm, 6x3mm, 2x5mm
Slice dikte	0.6 tot 19.2mm
Rotatietijd	0.5, 0.6, 1.0, 1.5 seconden
Scan matrix	512x512
Maximum spiraal volume/	168cm / 100sec
Maximum spiraal scantijd	

Siemens Symbia T2/T***

Specificaties Algemeen	Siemens Symbia T2/T***
Afmetingen Gantry (HxWxD)	225cm x 231cm x 203cm
Gewicht	3113kg
Power requirements, SPECT-CT	72,2kVA (max)
Heat load (gantry)	9215 BTU (higher during CT operation)
Gantry cooling	
Gantryopening	70cm

Specificaties Tafel	Siemens Symbia T2/T***
Type materiaal	Carbon Fiber
Dikte	15mm
Attenuatie	<10% @ 140keV
Afmetingen LxB	248,0cm x 81,9cm
Hoogte (vanaf vloer)	53,3 tot 119,4cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	184cm
SPECT scan lengte + UFOV	200cm + 40cm
Hybride scan lengte	184cm
Horizontale snelheid	3 - 600cm/min

Specificaties CT	Siemens Symbia T2/T***
Type detector	DURA 352 MV High Performance CT X-ray Tube
Max number of slices/rotation	2
Number of detector elements	1,344
Generator output	40kW (max)
kV	80, 110, 130kV
mA	30-240mA
Effectieve warmte opslag capaciteit	
Anode opslag capaciteit	3.5MHU
Maximale koeling anode	
Focal spot (IEC)	0.8x0.4mm/8° 0.8x0.7mm/8°
Spatiële resolutie	
Ruis	
Absorptie range	-1024 tot +3071 Hounsfield units
Scan tijden	0.8, 1.0, 1.5s (±5%) seconden voor full 360° scans 0.53, 0.67 (±5%) seconden voor partieel 240° scans
Scan veld	184cm max length
Slice collimatie	2x1mm, 2x1.5mm, 2x4mm, 2x5mm, 1x2mm, 1x3mm, 1x5mm, 1x8mm, 1x10mm
Slice dikte	0.6 tot 19.2mm
Rotatietijd	0.8, 1.0, 1.5 seconden
Scan matrix	512x512
Maximum spiraal volume/	168cm / 100sec
Maximum spiraal scantijd	

*** The performance and technical specifications of the Symbia T and T2 are the same. However the Symbia T is not capable of stand-alone CT while the T2 can be used as a fully functional diagnostic CT.

GE Infinia Hawkeye 4

Specificaties Algemeen	GE Infinia Hawkeye 4
Afmetingen Gantry (HxWxD)	190cm x 175cm x 195cm
Gewicht	Gantry: 2309kg 2 Detectors: 2327kg Gantry + 2 Detectors: 2800kg
Power requirements, SPECT-CT	400 VAC $\pm$ 10%
Heat load (gantry)	Nvt
Gantry cooling	Oil cooled
Gantryopening	60 cm

Specificaties Tafel	GE Infinia Hawkeye 4
Type materiaal	Low attenuations carbon fiber
Dikte	1,2 cm
Attenuatie	Low attenuations
Afmetingen LxB	Breedte is 35cm
Hoogte (vanaf vloer)	56,7cm - 86,7cm
Maximum belasting	200kg
CT scan lengte	195cm
SPECT scan lengte + UFOV	Maximaal 185 cm, waarbij 1 SPECT FOV = 54 cm x 40 cm
Hybride scan lengte	111cm maximal
Horizontale snelheid	100 of 300 cm/min, 39mm/sec

Specificaties CT	GE Infinia Hawkeye 4
Type detector	Cadmium Tungstate Scintillators photodiodes
Max number of slices/rotation	4
Number of detector elements	Four rows, each with 384 scintillators
Generator output	0.8kW
kV	120, 140kVp
mA	1.0, 1.5, 2.0, 2.5 mA
Effectieve warmte opslag capaciteit	Nvt
Anode opslag capaciteit	Nvt
Maximale koeling anode	Nvt
Focal spot (IEC)	0.8mm x 0.8mm typical
Spatiële resolutie	≥ 3 lp/cm (4lp/cm for bone filter)
Ruis	< 1% fat 20cm water phantom
Absorptie range	
Scan tijden	360° in 23 sec.
Scan veld	50 cm
Slice collimatie	
Slice dikte	Helical: 6mm Axial: 5mm
Rotatietijd (max)	2.6rpm, 16 slices per minuut
Scan matrix	256, 512
Maximum spiraal volume/	4.33 minutes for 40 cm in helical mode
Maximum spiraal scantijd	

GE Discovery NM/CT 670

Specificaties Algemeen	GE Discovery NM/CT 670
Afmetingen Gantry (HxWxD)	203cm x 218cm x 220cm
Gewicht	4200kg
Power requirements, SPECT-CT	200 to 480 VAC $\pm$ 10%
Heat load (gantry)	26,300BTU/hr
Gantry cooling	Air & Oil Cooled
Gantryopening	70cm

Specificaties Tafel	GE Discovery NM/CT 670
Type materiaal	Low attenuation carbon fiber
Dikte	
Attenuatie	<27% - 120kVp X-Ray <10% - 140 keV gamma rays
Afmetingen LxB	280cm x 61cm ($\pm$ 10%)
Hoogte (vanaf vloer)	53cm - 86.7cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	160cm
SPECT scan lengte + UFOV	200cm +54cm
Hybride scan lengte	160cm
Horizontale snelheid	Manual: 50 of 100mm/s

Specificaties CT	GE Discovery NM/CT 670
Type detector	Performix Ultra Tube Unit
Max number of slices/rotation	16
Number of detector elements	
Generator output	0.8 to 53.2 kW, 88kW virtually with ASiR (@120kV)
kV	80, 100, 120, 140 kVp
mA	10 to 440 mA, 5 mA increments (733mA max with ASiR)
Effectieve warmte opslag capaciteit	6.3 MHU, 8MHU (with ASiR)
Anode opslag capaciteit	
Maximale koeling anode	840 KHU/min
Focal spot (IEC)	Small: 0.8 mm (W) x 0.7 mm (L) nominal value (IEC 336/2005) 0.7 mm (W) x 0.6 mm (L) nominal value (IEC 336/93) 0.9 mm (W) x 0.7 mm (L) traditional methodology Large: 1.1 mm (W) x 1.0 mm (L) nominal value (IEC 336/2005) 0.9 mm (W) x 0.9 mm (L) nominal value (IEC 336/93) 1.2 mm (W) x 1.2 mm (L) traditional methodology
Spatiële resolutie	Standaard: 4.0 lp/cm @ 50% MTF 6.5 lp/cm @ 10% MTF 8.5 lp/cm @ 0% MTF High: 8.5 lp/cm @ 50% MTF 13.0 lp/cm @ 10% MTF 15.4 lp/cm @ 0% MTF
Ruis	20 cm CATPHAN phantom: 5mm @0.32%, 8.90mGy
Absorptie range	-1024 to 3071 HU or extended -31743 to 31743

Scan tijden	360° in 0.5, 0.6, 0.7 0.8, 0.9, 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0 sec.
Scan veld	25 cm for adult head 25, 50 cm for body 25 cm for pediatric head 35 cm for cardiac (small SFOV)
Slice collimatie	
Slice dikte	0.625mm, 1.25mm, 2.5mm, 3.75mm, 5mm, 7.5mm, 10mm
Rotatietijd (max)	Maximum 4.0 sec per rotation
Scan matrix	Reconstructie matrix: 512 ² , Display matrix: 1024 ²
Maximum spiraal volume/ Maximum spiraal scantijd	Single Acquisition Max. Scan Time: 120 sec

GE Discovery NM/CT 570c

Specificaties Algemeen	GE Discovery NM/CT 570c
Afmetingen Gantry (HxWxD)	185.4cm x 226.7cm x 170.2cm
Gewicht	2487kg
Power requirements, SPECT-CT	3 Phase, 380 to 480 VAC, 150 kVA
Heat load (gantry)	63.607 BTU
Gantry cooling	Air and Oil Cooled
Gantryopening	70cm

Specificaties Tafel	GE Discovery NM/CT 570c
Type materiaal	Low attenuation carbon fiber
Dikte	
Attenuatie	98% absorption efficiency
Afmetingen LxB	291 cm x 65 cm
Hoogte (vanaf vloer)	Vertical Range: 43 cm to 99.1 cm
Maximum belasting	227kg
CT scan lengte	Tot 200cm
SPECT scan lengte + UFOV	1 Quality Field of View Volume (geen planaire opname)
Hybride scan lengte	1 Quality Field of View Volume
Horizontale snelheid	Horizontal Speed: Up to 175 mm/s

Specificaties CT	GE Discovery NM/CT 570c									
Type detector	Performix Pro VCT 100 Anode Grounded Metal-Ceramic Tube Unit									
Max number of slices/rotation	64									
Number of detector elements	58,368 in 64 rows of 0.625mm thickness, each containing 888 active patiënt elements, 24 reference elements									
Generator output	100kW @ 140kVp (max)									
kV	80, 100, 120, 140 kVp									
mA	10 tot 800 mA, 5mA increments									
Effectieve warmte opslag capaciteit	8MHU									
Anode opslag capaciteit	>2100KHU/min									
Maximale koeling anode										
Focal spot (IEC)	Small (nominal values): 0.7mm x 0.6mm (IEC 336/93) 0.8mm x 0.7mm (IEC 336/2005) Large (nominal values): 0.9mm x 0.9mm (IEC 336/93) 1.1mm x 1.0mm (IEC 336/2005)									
Spatiële resolutie	<i>1. High Contrast Spatial Resolution:</i> Typical in-plane MTF is demonstrated on a 0.05mm tungsten wire. High-Resolution Algorithm <table><tr><td></td><td>X/Y lp/cmm</td></tr><tr><td>50%</td><td>10.1</td></tr><tr><td>4%</td><td>14.2</td></tr></table> <i>2. Low-Contrast Detectability</i> On 8 inch (20cm) CATPHAN phantom, 10mm (calculated) slice thickness: <table><tr><td>5 mm @ 0.32% at 7.3 mGy CTDIvol</td></tr><tr><td>3 mm @ 0.32% at 20.5 mGy CTDIvol</td></tr><tr><td>2 mm @0.32% at 45.0 mGyCTDIvol</td></tr></table>		X/Y lp/cmm	50%	10.1	4%	14.2	5 mm @ 0.32% at 7.3 mGy CTDIvol	3 mm @ 0.32% at 20.5 mGy CTDIvol	2 mm @0.32% at 45.0 mGyCTDIvol
	X/Y lp/cmm									
50%	10.1									
4%	14.2									
5 mm @ 0.32% at 7.3 mGy CTDIvol										
3 mm @ 0.32% at 20.5 mGy CTDIvol										
2 mm @0.32% at 45.0 mGyCTDIvol										

Ruis	0,32% ± 0,03% gemeten op het 20cm dikke CATPHAN phantom
Absorptie range	-32.767 tot 32.767 Hounsfield units
Scan tijden	0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 seconden voor full 360° scans 0.35, 0.37, 0.40, 0.42, 0.45, 0.47, 0.50 voor Cardiac application
Scan veld	Maximaal 32 tot 50cm
Slice collimatie	
Slice dikte	0.625, 1.25, 2.5, 3.75, 5
Rotatietijd (max)	Maximum 1.0 sec per rotation
Scan matrix	512x512, 1024x1024
Maximum spiraal volume/ Maximum spiraal scantijd	Single Acquisition: 60-second scan maximum

Bijlage 7: Topiclijst nucleaire afdelingen

Interview nucleaire afdeling

1. Naam ziekenhuis
2. SPECT-CT systeem
3. Keuze SPECT-CT systeem
4. Meest voorkomende onderzoeken
5. Verandering aanvragen/indicaties
6. Gebruiksgemak
7. Kwaliteit opnames
8. Kwaliteit systeem
9. Onderhoud en service fabrikant