



Fontys Paramedische Hogeschool

Medische Beeldvormende Radiotherapeutische Technieken (MBRT)

Onderzoeksverslag

**Invloed van gewicht, BMI en vetpercentage op de
beeldkwaliteit van een ^{18}F -FDG PET/CT-scan.**

Marije de Haan

Studentnummer: 2204980

PCN: 276516

Kader: Afstudeeropdracht opleiding HBO-MBRT, Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven.

Begeleider: Giljaam Pas

Opdrachtgever: D. Dickerscheid

Juli 2016

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van mijn afstudeerdopdracht voor de opleiding Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) aan de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Albert Schweitzer ziekenhuis te Dordrecht. Het betreft een retrospectief kwantitatief onderzoek over de relatie van gewicht, BMI en vetpercentage met de beeldkwaliteit in een PET-scan.

Via deze weg wil ik alle laboranten op de Nucleaire Geneeskunde in het Albert Schweitzer ziekenhuis bedanken voor de medewerking en interesse in mijn afstudeerproject. Ik wil Dennis Dickerscheid, klinisch fysicus in het Albert Schweitzer ziekenhuis bedanken voor de begeleiding, ondersteuning en feedback tijdens het afstuderen. Ook wil ik Giljaam Pas bedanken voor de begeleiding en feedback die geholpen hebben tot dit eindproduct te komen.

Alblasserdam, juli 2016

Marije de Haan

Samenvatting

Inleiding: ^{18}F -FDG whole-body PET-CT wordt toegepast voor oncologische diagnostiek en stadiëring. In verschillende onderzoeken is gekeken naar de invloed van het gewicht op de signaalruisverhouding (SNR) in de lever. Uit deze onderzoeken blijkt dat bij lineaire dosering van ^{18}F -FDG de SNR afneemt bij toenemend gewicht. Bekend is dat het subcutane en viscerale vet geen significante opname van ^{18}F -FDG hebben. Echter is de invloed van het vetpercentage op de SNR in de lever niet bekend. De onderzoeksvraag die hieruit volgt is: Wat is de invloed van gewicht, BMI en vetpercentage op de signaalruisverhouding (SNR) in de lever van een ^{18}F -FDG PET scan?

Methode: In dit retrospectieve kwantitatieve onderzoek zijn 83 patiënten geïnccludeerd die voor een PET-CT onderzoek in Albert Schweitzer ziekenhuis waren. Op basis van glucosewaarde, inwerktijd en leverziekte zijn 17 patiënten geëxcludeerd. De SNR is bepaald door Regions of interest (ROI) te tekenen in een homogene plak van de gezonde lever. Het gewicht en de BMI zijn uitgezet tegen de SNR' (onafhankelijk van de toegediende activiteit en tijd per bed positie). Het vetpercentage is uitgezet tegen de SNR^* (onafhankelijk van toegediende activiteit, tijd per bed positie en gewicht). Het vetpercentage is bepaald door middel van een handmatige meting in de low-dose CT.

Resultaten: Verschillende correlaties zijn getoetst: Het gewicht en de SNR ($R^2 = -0,506$), gewicht en SNR' ($R^2 = 0,59$) voor mannen ($R^2 = 0,47$) en vrouwen ($R^2 = 0,63$), De BMI en SNR' ($R^2 = 0,50$) voor mannen ($R^2 = 0,61$) en vrouwen ($R^2 = 0,60$) en het vetpercentage en de SNR^* ($R^2 = -0,09$). Voor de SNR' en gewicht en BMI is een machtsverband gevonden met een macht van ± -1 . Geslachtsgebonden is de beste correlatie gevonden voor BMI. Een zeer zwakke correlatie is gevonden tussen de SNR^* en het vetpercentage.

Conclusie: Uit de resultaten blijkt: hoe hoger het gewicht, hoe lager de SNR in de lever. Een redelijk tot sterk machtsverband is gevonden voor het gewicht en het BMI op de SNR' : Wanneer het gewicht en BMI toeneemt, neemt de SNR met een macht van ± -1 af. Geen invloed is gevonden van het vetpercentage op de SNR^* .

Abstract

Introduction: ^{18}F -FDG whole-body PET-CT is used for diagnosis and staging of oncological diseases. In different studies the impact of weight on the signal-to-noise ratio (SNR) in the liver has been examined. These studies imply that weight has a negative influence on the image quality, measured by the SNR. The impact of subcutaneous and visceral fat tissue on the image quality has not been studied. It is known that fat tissue does not have a significant uptake of ^{18}F -FDG. The aim of this project is to study the impact of weight, BMI and the body fat percentage on the signal-to-noise ratio (SNR) in the liver of a ^{18}F -FDG PET scan.

Method: In this quantitative retrospective study are 83 patients included, 17 patients are excluded because of glucose score, time after injection and liver diseases. The SNR is measured by using regions of interest (ROI) in a homogeneous slice of the liver. The SNR` (independent of the dose and time per bed position) is plotted with the weight and BMI. The body fat percentage is plotted against the SNR* (independent of the power based relation between weight and SNR, dose and time per bed position). The body fat percentage is measured in the low-dose CT.

Results: Different correlations are tested: weight and SNR ($R^2 = -0,51$), weight and SNR` ( $R^2 = 0,59$ ), for males ( $R^2 = 0,47$ ) and females ( $R^2 = 0,63$ ), the BMI and SNR` ($R^2 = 0,50$) for males ($R^2 = 0,61$) and females ($R^2 = 0,60$) and the body fat percentage and the SNR* ($R^2 = -0,09$). The results show a power based relation between weight and the SNR` with a power of ± -1 . BMI has the best correlation for males and females. There is no correlation found between the SNR and the body fat percentage.

Conclusion: The results have shown different correlations. A strong power correlation is found for weight, BMI and the SNR`, when the weight and BMI increases, the SNR` decreases with a power of ± -1 . There is no correlation found between the body fat percentage and the SNR*.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Abstract.....	4
Inleiding	6
Methode.....	8
Onderzoeksopzet	8
Onderzoekspopulatie.....	8
Meetinstrumenten	8
Dataverzameling.....	8
Data-analyse.....	10
Ethische aspecten	11
Resultaten.....	12
Discussie	17
Conclusie en aanbevelingen	20
Literatuur.....	20
Bijlagen	24
Bijlage I: Protocol whole-body PET-CT Albert Schweitzer ziekenhuis.....	24
Bijlage II: Vetpercentage meting	33
Bijlage III: Informatiebrochure.....	35
Bijlage IV: Toestemmingsverklaring	36
Bijlage V: Goedkeuring WOAC.....	38

Inleiding

18-Fluor fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) Positron Emissie Tomografie (PET) wordt binnen de nucleaire geneeskunde veel gebruikt voor oncologische diagnostiek en stadiëring. ^{18}F -FDG wordt opgenomen in het lichaam op plekken waar een hoge glucosebehoefte is (1–4). De opname van ^{18}F -FDG en de beeldkwaliteit hangt af van verschillende factoren zoals het glucosegehalte in het bloed, de tijd waarin het ^{18}F -FDG opstapelt in het lichaam en toegediende dosis (4). ^{18}F -FDG PET in combinatie met computertomografie (CT) geeft functionele en anatomische informatie. Door deze combinatie kan abnormale metabolische activiteit zichtbaar worden, zonder dat morfologische veranderingen worden waargenomen (3,4).

De richtlijn van de European Association of Nuclear Medicine (EANM) beveelt aan om gebruik te maken van een lineaire toedieningsformule. Bij deze formule gebruikt men een vaste activiteit (A) in megabecquerel (MBq) per kilogram (kg) bij een bepaalde opnametijd per bed positie in een whole-body PET-CT (5). De toegediende activiteit heeft invloed op de beeldkwaliteit. Voor de kwantitatieve beeldkwaliteit wordt in verschillende studies de signaalruisverhouding (SNR) in de lever als maat genomen. De lever is een orgaan dat een homogene verdeling van ^{18}F -FDG heeft, maar wanneer een leverziekte is gediagnosticeerd kan een inhomogene verdeling van ^{18}F -FDG plaatsvinden (1,6–8). Ook is de SNR gerelateerd aan de contrast resolutie: hoe hoger de SNR, des te beter de contrast resolutie (8). Uit de literatuur is gebleken dat een visuele beoordeling samenhangt met de kwantitatieve beeldkwaliteit. Het onderzoek van Mizuta et al. (1) geconcludeerd dat patiënten met een hoger gewicht met een lagere score worden beoordeeld. In deze zwaardere patiënten is ook een lagere SNR in de lever gemeten. Hieruit blijkt dat gewicht een negatief verband heeft met de SNR in de lever (1).

In verschillende onderzoeken is gekeken naar de invloed van het gewicht op de SNR in de lever (1,7,8,6). In het onderzoek van Wientjes et al. (7) is een nieuwe toedieningsformule gevonden waarmee de SNR in de lever stabiel blijft (5,7,8). Uit de studie van Tatsumi et al. (4) blijkt dat het gewicht en de body mass index (BMI) van de patiënten van invloed is op het totale aantal gemeten counts. Verder blijkt uit vergelijkingen tussen BMI en de SNR, gewicht en de SNR en body surface area (BSA, lichaamsoppervlakte) en de SNR dat het gewicht de sterkste invloed heeft op het aantal counts bij gelijke dosis ^{18}F -FDG. De patiënten met een laag gemeten aantal counts hebben een hoger gewicht dan patiënten met een hoog gemeten aantal counts. Ook is uit deze studie gebleken dat de lengte van patiënten geen significante invloed heeft op het gemeten aantal counts (4).

Alle weefsels in het lichaam hebben een opname van ^{18}F -FDG, maar niet alle structuren hebben een meerwaarde in de visuele beoordeling. Visceraal en subcutaan vet hebben geen meerwaarde voor de visuele beoordeling van een ^{18}F -FDG PET-CT scan door de nucleair geneeskundigen. In de studie van Oliveira et al. (9) is gekeken naar de opname van glucose in subcutaan en visceraal vet. De gegeven dosis ^{18}F -FDG is aangepast op de BMI van de patiënt. Uit het onderzoek van Oliveira et al. (9) blijkt dat de mate van opname niet verandert naarmate de hoeveelheid subcutaan vet toeneemt. De hoeveelheid subcutaan vet zorgt niet voor een significant verschil in opname van ^{18}F -FDG (9,10). Patiënten met hetzelfde gewicht kunnen een verschil hebben in lichaamsbouw en vetpercentage, maar de opname van ^{18}F -FDG in vet blijft minimaal (11).

Zonder dat het vetpercentage ^{18}F -FDG opneemt, kan het invloed hebben op de strooistraling. Wanneer meer strooistraling wordt veroorzaakt ontstaan meer valse coïncidenties. Hierdoor worden meer counts geteld op plekken waar ze niet vandaan komen. Duidelijk is dat een verband bestaat tussen de veroorzaakte strooistraling en de SNR van een ^{18}F -FDG PET scan: meer strooistraling betekent meer ruis in de beelden (12). Uit het onderzoek van Matheoud et al (13) blijkt dat een fantoom met waterzakken, representatief voor een menselijk lichaam, een invloed heeft op de gemeten strooistraling. Niet duidelijk is of vet hetzelfde effect heeft als de waterzakken.

Uit voorafgaande literatuur blijkt dat de SNR afneemt wanneer het gewicht/BMI toeneemt bij een lineair toedieningsmodel. In deze studies is onderzoek gedaan naar de relaties tussen gewicht/beeldkwaliteit, BMI/beeldkwaliteit en BSA/beeldkwaliteit, maar de invloed van het vetpercentage op de beeldkwaliteit wordt achterwege gelaten (2,4,7,14). In het huidige onderzoek wordt gekeken naar een verband van gewicht, BMI en vetpercentage met de SNR in de lever. Door deze verbanden te onderzoeken kan de beeldkwaliteit van een PET-CT scan worden verbeterd. Uit de ontbrekende kennis is de volgende onderzoeksvraag voortgekomen:

Wat is de invloed van gewicht, BMI en vetpercentage op de signaal ruis verhouding (SNR) in de lever van een ^{18}F -FDG PET scan?

Methode

Onderzoeksopzet

In dit onderzoek is gekeken naar de relatie tussen gewicht, BMI en vetpercentage met de signaalruisverhouding (SNR) in de lever. Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van ^{18}F -FDG PET-CT. Alle PET-CT scans waren uitgevoerd volgens het geldende klinische protocol, achteraf zijn de beelden gebruikt om de SNR te bepalen. Het gewicht, BMI en vetpercentage zijn voorafgaande aan het onderzoek verkregen. De verbanden zijn onderzocht door het gewicht, BMI en vetpercentage uit te zetten tegen de SNR. Het betreft een kwantitatief, retrospectief onderzoek.

Onderzoekspopulatie

In totaal zijn 83 patiënten die voor een PET-CT onderzoek in het Albert Schweitzer ziekenhuis waren geïnccludeerd in het onderzoek. De patiënten varieerden in leeftijd tussen 19 en 83 jaar en in gewicht tussen 40 en 125 kg. Voor de voorbereiding van het onderzoek is de richtlijn van het EANM en het protocol van het ziekenhuis aangehouden. Het protocol is bijgevoegd als bijlage I. Alle patiënten waren 6 uur voorafgaande aan het onderzoek nuchter en de glucosewaarde was 4-7 mmol/L. De scan is 55-75 minuten na de intraveneuze injectie van ^{18}F -FDG gestart (5). Patiënten met een glucosewaarde hoger dan 7 mmol/L of een inwerktijd langer dan 75 minuten zijn geëxcludeerd uit het onderzoek. Patiënten met een leverziekte zijn ook geëxcludeerd uit het onderzoek, omdat de inhomogene verdeling in de lever invloed kan hebben op de gemeten SNR.

Meetinstrumenten

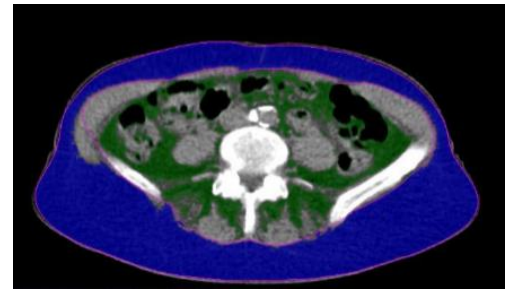
Voor de acquisitie van de PET-CT beelden is gebruik gemaakt van de Biograph mCT (Siemens, Erlangen, Duitsland, 2012). Deze beelden zijn gereconstrueerd met behulp van een softwareprogramma van Siemens (syngo.via VA30, Erlangen, Siemens, Duitsland). Voor het meten van het gewicht en het vetpercentage van de patiënt is gebruik gemaakt van een OMRON BF511 (Kyoto, Japan, 2016) bio-impedantie weegschaal en de gemaakte low-dose CT. In bijlage II is de volledige beschrijving toegevoegd van de vetpercentagemeting met behulp van de bio-impedantie weegschaal (15). De gemaakte low-dose CT is geanalyseerd met Aquarius iNtuition versie 4.4.11.338.8687 (Terarecon, Foster City, USA, 2009). Voor de data-analyse is IBM SPSS© statistics 21 en Excel (2016) gebruikt. Alle metingen zijn uitgevoerd door één persoon waardoor geen sprake is van inter-beoordelaarsvariatie.

Dataverzameling

Alle patiënten zijn gescand met een Biograph mCT en onderzocht volgens het geldende klinische protocol van het Albert Schweitzer ziekenhuis. Een dosis ^{18}F -FDG van 2 MBq/kg werd toegediend. De patiënten hebben een whole-body PET-CT ondergaan. Voor de PET-scan is gebruik gemaakt van een opnametijd van 3 minuten per bed positie. Voorafgaande aan de PET-scan is met behulp van CT een topogram gemaakt. Op basis van het topogram is een low-dose CT gepland met 100 kV en automated exposure control (AEC). De beelden zijn gereconstrueerd met Syngo.via een softwareprogramma van Siemens. De dataverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van 17/3/2016 tot 29/4/2016. In deze

periode zijn lengte, gewicht, vetpercentage volgens de bio-impedantie weegschaal, vetpercentage volgens CT, glucosewaarde, inwerktijd, toegediende activiteit en de SNR in de lever verzameld.

Het vetpercentage en gewicht zijn voorafgaande aan het onderzoek gemeten met behulp van een bio-impedantie weegschaal. De wijze waarop de vetpercentagemeting met behulp van de bio-impedatie weegschaal is uitgevoerd is beschreven in bijlage II (15). Het vetpercentage volgens de low-dose CT is berekend door gebruik te maken van het softwareprogramma Aquarius iNtuition. Een automatische berekening heeft een sensitiviteit van 90,01% en een nauwkeurigheid van 98,25%, in vergelijking met de gouden standaard. De handmatige berekening in een diagnostische CT wordt gezien als gouden standaard (16). In dit onderzoek is gekozen om de berekening van het vetpercentage handmatig uit te voeren (16–19). Voor de berekening van het visceraal en subcutaan vet is gebruik gemaakt van de HU-waardes (Hounsfield Units): -190 tot -30 HU (19). Het vetpercentage is ingetekend op een slice tussen L2-L3 en een slice tussen L4-L5, dit geeft het meest betrouwbare overzicht over het gehele lichaam (16,17,19–21). De vetpercentage berekening is uitgevoerd met de tool 'analyse fat tissue'. Een voorbeeld van de handmatige vetberekening is weergegeven in figuur 1. De resultaten zijn gegeven in cm², dit is omgerekend naar percentage door middel van de volgende formule: (16,22)

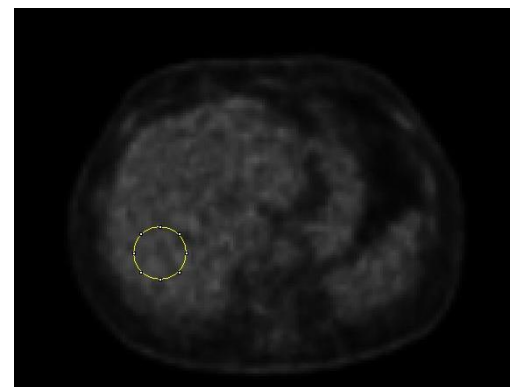


Figuur 1: Vetpercentagemeting L4-L5 waarbij visceraal en subcutaan vet is gesegmenteerd. Visceraal vet (groen), subcutaan vet (blauw)

$$\text{Vetpercentage (\%)} = \frac{\text{oppervlakte subcutaan vet (cm}^2\text{)}}{\text{totale oppervlakte patient (cm}^2\text{)}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Deze formule is gebruikt voor de meting van de slice tussen L2-L3 en tussen L4-L5. Uit deze twee uitkomsten is het gemiddelde vetpercentage berekend.

Als maat voor de kwantitatieve beeldkwaliteit van de PET-CT scan is de SNR in de lever genomen, omdat in een gezonde lever een homogene opname van ¹⁸F-FDG plaatsvindt (1,6). In verschillende onderzoeken zoals Mizuta et al. Masuda et al. Wientjes et al. en de Groot et al. is de SNR met behulp van regions of interest (ROI) gemeten in 3 slices en dezelfde keuze is gemaakt in deze studie (1,7,6,21). In de CT-beelden is gezocht naar de slice waarop de lever het grootst is afgebeeld, waarna deze slice en de twee aangrenzende slices zijn gebruikt om de SNR te bepalen (7). De ROI's zijn cirkelvormig en hebben een standaard diameter van 10 pixels (1,21,23). Een minimale diameter van 2 cm en een marge bij de randen van de lever is aangehouden om het partieel volume effect te voorkomen (21). De marge zorgt ervoor dat het zeker is dat alle gemeten counts uit de lever komen (7,6). De ROI's zijn visueel geplaatst in een homogene structuur van de lever (1,23). Een voorbeeld van een geplaatste ROI is weergegeven in figuur 2. De



Figuur 2: Region of interest (ROI) met een diameter van 10 pixels, geplaatst in een homogeen gebied in de lever.

gemiddelde pixelwaarde en standaarddeviatie van deze 3 ROI's zijn verzameld (4,6,7). De SNR is bepaald door de volgende formule:

$$SNR = \frac{\text{Gemiddelde pixelwaarde}}{\text{Gemiddelde standaarddeviatie}} \quad (2)$$

Van 83 patiënten is het gewicht, het vetpercentage volgens de low-dose CT, het vetpercentage gemeten volgens de bio-impedantie weegschaal, lengte en SNR in de lever bekend. Deze data is gebruikt om een verband te zoeken tussen het gewicht, BMI en vetpercentage met de SNR in de lever. De verkregen data zijn geanonimiseerd zodat er geen mogelijkheid is dat de patiëntengegevens openbaar worden.

Data-analyse

Voor het berekenen van de invloed van het gewicht op de SNR, is uitgegaan van de volgende stelling: N (aantal gemeten counts in de lever) hangt af van verschillende factoren, zoals: Massa (kg), Activiteit (MBq) en tijd per bed positie (MIN). De SNR is omschreven naar de volgende formule:

$$SNR = \frac{N}{\sqrt{N}} = \sqrt{A(MBq) \cdot T \text{ bed (MIN)}} \quad (3)$$

Door de invloed van de toegediende activiteit (MBq) uit de formule te halen ontstaat een formule die de SNR weergeeft onafhankelijk van de toegediende dosis ¹⁸F-FDG, deze SNR is weergegeven als SNR`.

$$SNR' = \frac{SNR}{\sqrt{A(MBq) \cdot T \text{ bed(MIN)}}} \quad (4)$$

In deze vergelijking is de SNR` alleen nog afhankelijk van de Massa (kg). De tijd per bed positie is een constante van 3 minuten, die ook uit de afhankelijkheden is gedeeld. De invloed van het gewicht is in een spreidingsdiagram weergegeven. De invloed van het gewicht is gesplitst in mannen en vrouwen omdat zij een verschil in lichaamsbouw kunnen hebben. Ook is de SNR` uitgezet tegen het BMI en hierbij is een aparte analyse uitgevoerd voor mannen en vrouwen om de verschillen te analyseren. Deze gegevens zijn ook uitgezet in een spreidingsdiagram.

Bekend is dat geen sprake is van een lineair verband tussen het gewicht en de SNR` (7). In huidige studie is uitgegaan van een machtsverband. Ditzelfde is gedaan in het onderzoek van Wientjes et al. en Van Dalen et al. (7,8). De formule die hiervoor gebruikt is:

$$SNR' = y \cdot M(kg)^x \quad (5)$$

In deze formule is de SNR afhankelijk van de toegediende activiteit en tijd per bed positie. Door formule 4 te combineren met formule 5 ontstaat een formule waarbij de SNR onafhankelijk is van toegediende activiteit. Die formule is:

$$SNR' = \frac{SNR}{\sqrt{A(MBq) \cdot T \text{ bed (MIN)}}} = y \cdot M(kg)^x \quad (6)$$

Met deze formule is de SNR` zonder de invloed van de activiteit en tijd per bed positie berekend. Om de exacte invloed van het gewicht te bepalen zijn uit deze formule x en y herleid. Dit is gedaan met

behulp van fitting parameters van een machtstrendlijn. De SNR onafhankelijk van activiteit, tijd per bed positie en gewicht is weergegeven als SNR*:

$$SNR^* = \frac{SNR}{\sqrt{A (MBq) \cdot T_{bed} (MIN) \cdot (y \cdot M(kg)^x)}} \quad (7)$$

De bepaling van het vetpercentage van een patiënt is op twee verschillende manieren uitgevoerd (17,24,25). Een uiterst betrouwbare manier om vetpercentage te bepalen is met behulp van een CT opname. Daarnaast is een meting met een bio-impedantie weegschaal een makkelijke en veelgebruikte methode om het vetpercentage te meten. In deze studie is ook gekeken naar de correlatie tussen de bepaling van het vetpercentage met behulp van een bio-impedantie meting en retrospectief met behulp van een low-dose CT opname, de variatie tussen beide metingen is berekend.

De verkregen data is geanalyseerd met behulp van SPSS en hierbij is vastgesteld of de data normaal verdeeld is met behulp van de Shapiro Wilk test ($P > 0,05$). Indien de variabelen normaal verdeeld waren, zijn deze geanalyseerd door middel van gemiddelde en standaarddeviatie (SD) en is weergegeven als gemiddelde $\pm$ SD. Indien de variabelen niet-normaal verdeeld waren, zijn deze geanalyseerd en weergegeven als mediaan $\pm$ interkwartielafstand. De p-waardes en gemiddelde en standaarddeviatie of mediaan en interkwartielafstand zijn weergegeven in een tabel.

De normaal verdeelde lineaire correlaties zijn getoetst door middel van de Pearson's Rho test. Indien de data niet-normaal verdeeld was, werd de correlatie getoetst door middel van de Spearmans Rho test. De machtsverbanden zijn gefit middels een trendlijn in Excel. De correlatie van de lineaire en machtsverbanden zijn weergegeven met een correlatiecoëfficiënt. De correlatiecoëfficiënt heeft een waarde tussen $R^2 = -1$ en $R^2 = +1$. Hoe dichter de correlatiecoëfficiënt bij de 1 of -1; hoe beter de samenhang. De correlaties zijn geïnterpreteerd op de volgende wijze: 0 - 0,1 zeer zwak/geen verband, 0,11 - 0,3 zwak verband, 0,31 - 0,5 redelijk verband, 0,51 - 0,8 sterk verband, 0,81 - 0,99 zeer sterk verband, 1 perfect verband (26). De gevonden correlaties en fitting parameters zijn gepresenteerd in een tabel. De relaties tussen de variabelen zijn gepresenteerd in spreidingsdiagrammen.

Ethische aspecten

Alle patiënten die voor een PET-CT-onderzoek in het Albert Schweitzer ziekenhuis kwamen, kregen een informatiebrief over het onderzoek (bijlage III). Patiënten hadden een vrijwillige keuze om deel te nemen aan het onderzoek. Wanneer zij besloten deel te nemen, tekenden zij voorafgaande van het onderzoek voor geïnformeerde toestemming (bijlage IV). Voor de patiënten was het mogelijk om op elk moment van het onderzoek het besluit te nemen om de deelname te beëindigen. De uitgevoerde studie is niet plichtig aan de wet medisch-wetenschappelijk, het onderzoek is beoordeeld en goedgekeurd door de wetenschappelijk onderzoek adviescommissie van het Albert Schweitzer ziekenhuis (goedkeuring in bijlage V).

Resultaten

In totaal hebben 100 patiënten deelgenomen aan het onderzoek, waarna 17 patiënten zijn geëxcludeerd op basis van leverziekte, glucosewaarde en tijd na injectie. De 83 geïncludeerde patiënten hebben een leeftijd van 19-83 jaar. Van de deelnemers waren 40 vrouw en 43 man met een gewicht van 40-125 kg. Alle deelnemers hebben een PET-CT ondergaan volgens het geldende klinische protocol. Met behulp van de Shapiro Wilk test is een normale verdeling getoetst voor alle variabelen. De gevonden p-waarden en gemiddelde en standaarddeviatie of mediaan en interkwartielafstand zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Alle variabelen getoetst door middel van de Shapiro Wilk test. P-waarden en gemiddelde en standaarddeviatie of mediaan en interkwartielafstand zijn weergegeven

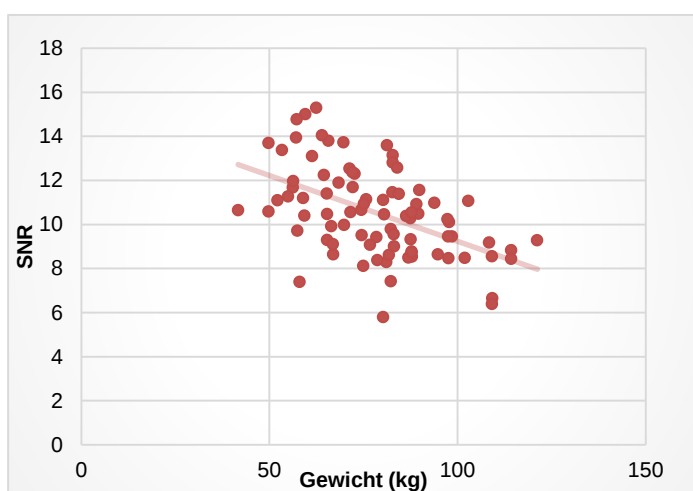
		<i>Shapiro Wilk test</i>	<i>Gemiddelde ± Standaarddeviatie</i>	<i>Mediaan ± interkwartielafstand</i>
<i>Gewicht</i>		P= 0,30	78,52 ± 17,10	-
	<i>Mannen</i>	P= 0,57	83,10 ± 15,36	-
	<i>Vrouwen</i>	P= 0,10	74,10 ± 17,93	-
<i>BMI</i>		P= 0,007	-	25,1 ± 5,9
	<i>Mannen</i>	P= 0,97	25,40 ± 3,88	25,2 ± 5,2
	<i>Vrouwen</i>	P= 0,01	26,28 ± 6,50	24,2 ± 9,1
<i>Vetpercentage CT</i>		P= 0,46	24,01 ± 8,46	-
<i>Vetpercentage meting</i>	<i>bio-impedantie</i>	P= 0,70	29,10 ± 10,37	-
<i>SNR</i>		P= 0,36	10,55 ± 2,01	-
<i>SNR`</i>		P= 0,04	-	0,47 ± 0,20
	<i>Mannen</i>	P= 0,33	0,79 ± 0,18	-
	<i>Vrouwen</i>	P= 0,34	0,96 ± 0,25	-
<i>SNR*</i>		P= 0,52	1,23 ± 0,24	-

De SNR is bepaald door middel van ROI's, deze waarden zijn uitgezet tegen het gewicht. De SNR heeft een normale verdeling en de lineaire correlatie is getoetst middels een Pearson's Rho test. De machtsverbanden zijn verkregen middels een trendlijn. Een overzicht van de gevonden correlaties en fitting parameters zijn weergegeven in tabel 2.

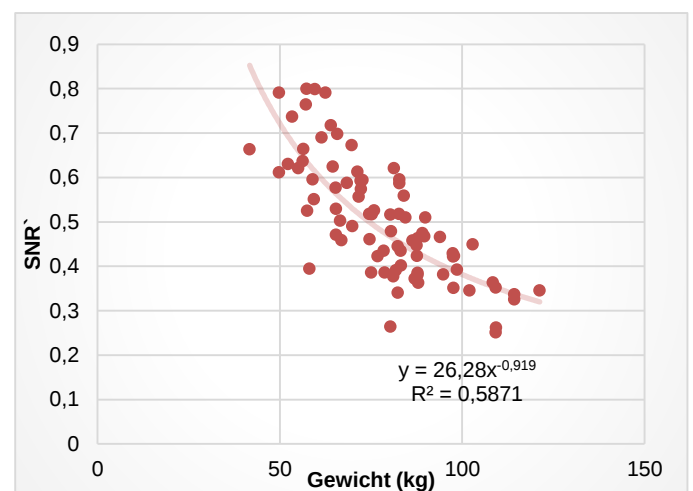
Tabel 2: De gevonden correlaties en fitting parameters van relaties tussen verschillende variabelen.

		Gewicht		BMI		Vetpercentage CT
		Correlatiecoëfficiënt	Fitting parameters	Correlatiecoëfficiënt	Fitting parameters	Correlatiecoëfficiënt
SNR		$R^2 = -0,51$	-	-	-	-
SNR`		$R^2 = 0,59$	Y= 26,28 X= -0,92	$R^2 = 0,50$	Y= 11,48 X= -0,98	-
	Man	$R^2 = 0,47$	Y=18,13 X=-0,84	$R^2=0,61$	Y= 18,25 X= -1,15	-
	Vrouw	$R^2 = 0,63$	Y= 24,31 X=-0,89	$R^2=0,60$	Y= 10,67 X= -0,92	-
SNR*		-	-	-	-	$R^2 = -0,09$
Vetpercentage bio-impedantie meting		-	-	-	-	$R^2 = 0,80$

In figuur 3 is de relatie tussen gewicht en SNR weergegeven. De correlatiecoëfficiënt voor deze vergelijking is getoetst met een Pearson's Rho test ($R^2 = -0,51$). Volgens figuur 3 heeft de gegeven activiteit (A) in MBq en de tijd per bed positie (T bed) in minuten invloed op de SNR in de lever, door deze uit de afhankelijkheden te halen wordt de SNR` verkregen.



Figuur 3: de signaalruisverhouding (SNR) uitgezet tegen het gewicht (kg).

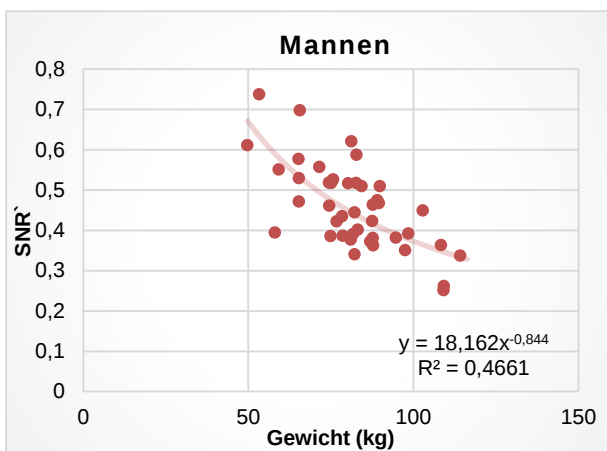


Figuur 4: de signaalruisverhouding (SNR) onafhankelijk voor de toegediende activiteit (A) en de tijd per bed positie (T bed) uitgezet tegen het gewicht.

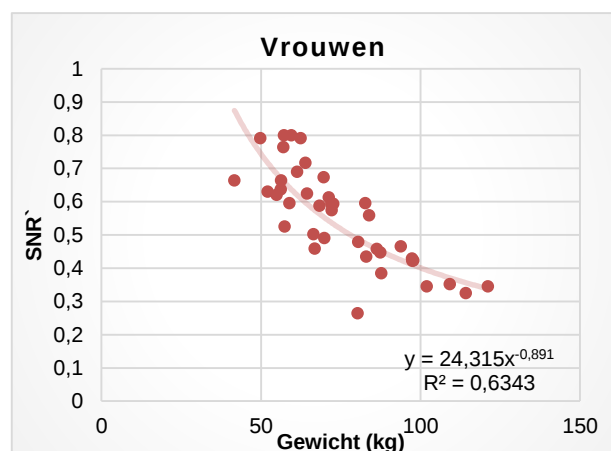
In dit geval is de SNR^* alleen afhankelijk van het gewicht van de patiënt. Deze relatie is in figuur 4 gepresenteerd. De verkregen punten zijn gefit middels een machtstrendlijn, de fitting parameters zijn gebruikt om formule 8 te verkrijgen. De correlatie van het machtsverband is $R^2 = 0,59$. Om de invloed van het vetpercentage te bepalen wordt de gevonden invloed van het gewicht uit de signaalruisverhouding gehaald. De formule die dan ontstaat is:

$$SNR^* = \frac{SNR}{\sqrt{A (MBq) \cdot T_{bed} (MIN) \cdot (26,28 \cdot M(kg))^{-0,919}}} \quad (8)$$

Door mannen en vrouwen apart te beschouwen kan worden gezien of dit een betere correlatie met zich meebrengt. In figuur 5 en figuur 6 is een correlatie weergegeven van het gewicht en SNR^* per geslacht. Voor mannen is de correlatie $R^2 = 0,47$ en voor vrouwen is de correlatie $R^2 = 0,63$. Door middel van een machtstrendlijn zijn de fitting parameters en correlatiecoëfficiënt gevonden (tabel 2).

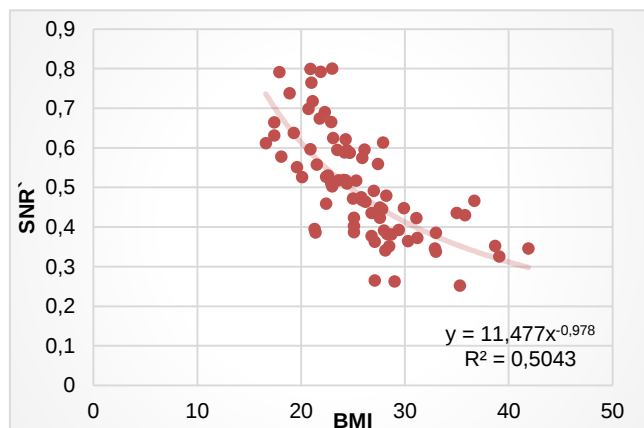


Figuur 5: De signaalruisverhouding (SNR^*) in de lever uitgezet tegen het gewicht, zonder de invloed van de toegediende activiteit (A) en de tijd per bed positie (T_{bed})



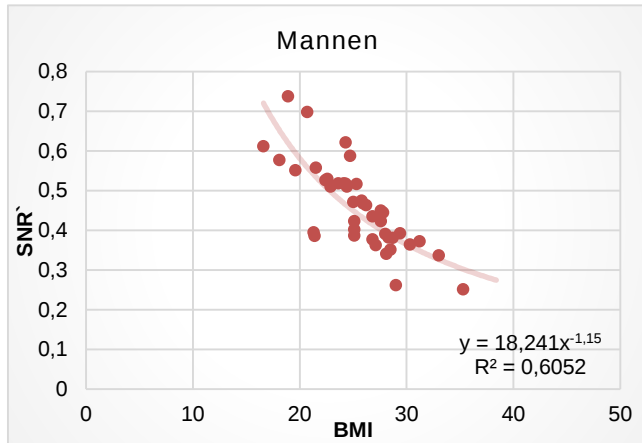
Figuur 6: De signaalruisverhouding (SNR^*) in de lever uitgezet tegen het gewicht, zonder de invloed van de toegediende activiteit (A) en de tijd per bed positie (T_{bed}) voor vrouwen.

Ook de BMI kan invloed hebben op de SNR^* gemeten in de lever. De SNR^* is uitgezet als machtsverband tegen de gemeten BMI. In figuur 7 is het verband tussen de BMI en de SNR^* weergegeven. De correlatie wordt gegeven door middel van $R^2 = 0,50$. De datapunten zijn gefit middels een trendlijn (tabel 2).

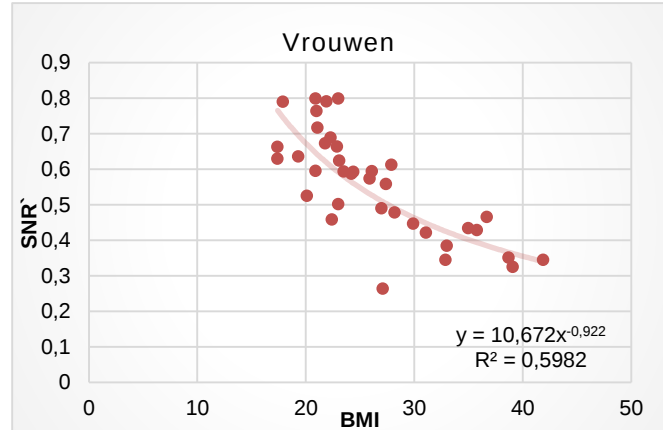


Figuur 7: De signaalruisverhouding (SNR^*) onafhankelijk van het activiteit (A) en tijd per bed positie (T_{bed}) uitgezet tegen de body mass index (BMI).

De invloed van de BMI op de SNR* van mannen (figuur 8) en vrouwen (figuur 9) is weergegeven. Bij mannen is een machtsrelatie van $R^2 = 0,61$ gevonden en bij vrouwen een machtsrelatie van $R^2 = 0,60$. Door middel van de machtsrelatied lijn zijn de fitting parameters en correlatiecoëfficiënt gevonden (tabel 2).

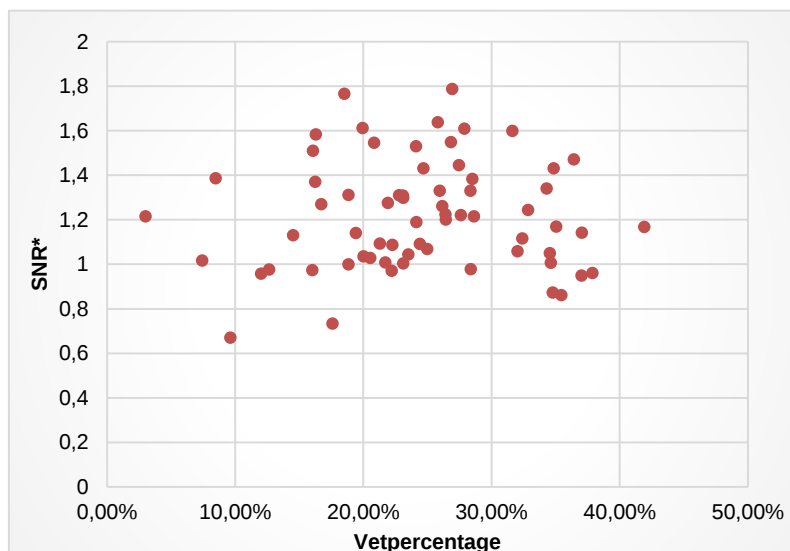


Figuur 8: De signaalruisverhouding (SNR) onafhankelijk van de toegediende activiteit (A) en tijd per bed positie (T bed) uitgezet tegen het BMI voor mannen.



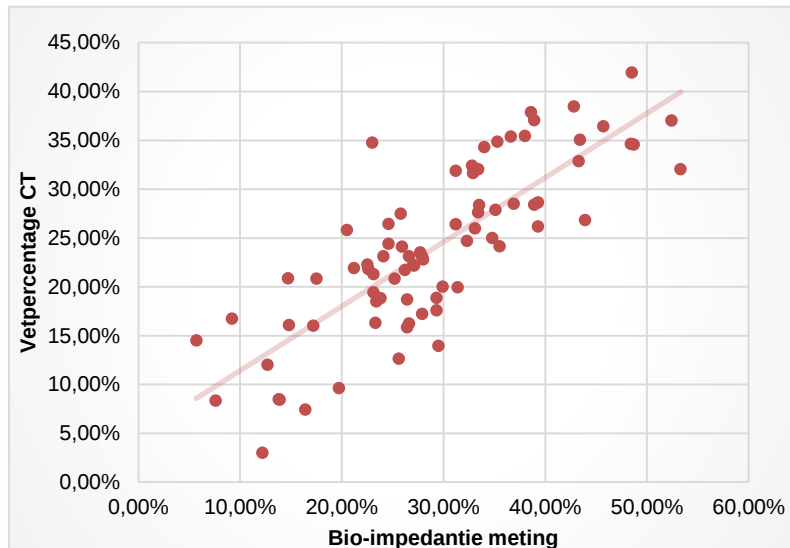
Figuur 9: De signaalruisverhouding (SNR) onafhankelijk van de toegediende activiteit (A) en de tijd per bed positie (T bed) uitgezet tegen het BMI voor vrouwen

Formule 8 is gebruikt om de invloed van het vetpercentage op de SNR* in de lever te bepalen. De SNR* is hierbij onafhankelijk van de toegediende activiteit (A), tijd per bed positie (T bed) en de gewichtsafhankelijkheid (M). De normaal verdeelde data is getoetst middels een Pearson's Rho test ($R^2 = -0,09$). Figuur 10 laat de relatie tussen het vetpercentage en de SNR* zien.



Figuur 10: Het vetpercentage uitgezet tegen de signaalruisverhouding (SNR*) onafhankelijk van het gewicht (kg), toegediende activiteit (A) en tijd per bed positie (T bed).

De toepasbaarheid van de bio-impedantie weegschaal in de praktijk is getest door deze te vergelijken met de vetpercentages gemeten door middel van de low-dose CT. Door deze vergelijking kan de variatie in de bio-impedantie weegschaal metingen worden getoetst. In figuur 11 is de verhouding tussen de verschillende manieren van de vetpercentage metingen weergegeven. Voor de normale verdeling is Pearson's Rho test gekozen om de correlatie tussen de variabelen te bepalen. De gevonden correlatie is $R^2 = 0,80$.



Figuur 11: Het vetpercentage gemeten met de low-dose CT en het vetpercentage gemeten met de vetpercentage bio-impedantie meter tegen elkaar uitgezet.

Discussie

In dit kwantitatieve retrospectieve onderzoek is gekeken naar de invloed van het gewicht, BMI en vetpercentage op de SNR in de lever. De invloed van het gewicht en BMI is bepaald door deze uit te zetten tegen de SNR^{*}. De invloed van het vetpercentage is bepaald door deze uit te zetten tegen de SNR^{*}.

De resultaten geven verschillende verbanden weer. Uit de toetsing tussen de SNR in de lever en het gewicht blijkt dat een verband bestaat met een correlatie volgens Pearson's Rho van $R^2 = -0,51$. Deze waarde geeft aan dat zich een sterke lineaire correlatie bevindt tussen het gewicht en de gemeten SNR in de lever. Uit figuur 3 is af te leiden dat wanneer het gewicht toeneemt de SNR afneemt; dit verband is in overeenstemming met andere onderzoeken. In de onderzoeken van Wientjes et al. en de Groot et al. en van Van Dalen et al. wordt ook gevonden dat de SNR afneemt wanneer het gewicht toeneemt. (7,8,6)

Bekend is dat een machtsverband ontstaat bij het verband tussen gewicht en de SNR^{*} (7). Het machtsverband heeft een correlatie van $R^2 = 0,59$, wat betekent dat zich een sterk machtsverband bevindt tussen het gewicht en de SNR^{*}. De SNR^{*} neemt af met een macht van $-0,91$, wanneer het gewicht toeneemt. Het gevonden machtsverband is te vergelijken met het verband zoals bepaald in het onderzoek van Wientjes et al. (7). In het onderzoek van Wientjes et al. (7) is echter een sterker machtsverband gevonden van $R^2 = 0,79$. Een verklaring is dat in het huidige onderzoek de variatie binnen de gemeten SNR groter is. Mogelijke oorzaak hiervan is dat patiënten met de armen omhoog én met de armen omlaag zijn gescand. Deze houdingen kunnen invloed hebben op de gemeten SNR in de lever (12).

Een onderscheid tussen mannen ($83,10 \pm 15,36$ kg) en vrouwen ($74,10 \pm 17,93$ kg) is gemaakt omdat mannen een hoger gemiddeld gewicht hebben dan vrouwen. Deze verschillen kunnen invloed hebben op de geslachtsafhankelijke machtsfit. Wanneer geslachtsafhankelijk wordt gekeken is een duidelijk verschil in de correlatiecoëfficiënt zichtbaar tussen mannen ($R^2 = 0,47$) en vrouwen ($R^2 = 0,63$). Voor vrouwen is deze correlatie hoger en voor mannen is de correlatie lager dan in de geslachtsafhankelijke groep ($R^2 = 0,59$). De correlatie voor mannen is redelijk en voor vrouwen sterk. De oorzaak van verschil in correlatie tussen mannen en vrouwen is onbekend, verder onderzoek zal dit moeten uitwijzen.

Eveneens als in de relatie van gewicht en SNR^{*}, wordt in het geval van BMI en SNR^{*} uitgegaan van een machtsverband. De BMI uitgezet tegen de SNR^{*} geeft een correlatie van $R^2 = 0,50$, wat betekent dat zich een redelijk machtsverband bevindt tussen de BMI en de SNR^{*}, de SNR^{*} neemt af met een macht van $-0,98$ wanneer de BMI toeneemt. Vrouwen ($26,28 \pm 6,50$) hebben een grotere spreiding in BMI dan mannen ($25,40 \pm 3,88$). Een vergelijking tussen mannen ($R^2 = 0,61$) en vrouwen ($R^2 = 0,60$) geeft nauwelijks verschil. Voor de BMI wordt geslachtsgebonden een betere correlatie gevonden dan niet-geslachtsgebonden. Een mogelijke oorzaak van de betere geslachtsgebonden correlatie zijn de verschillen in lichaamsbouw voor mannen en vrouwen.

In het onderzoek van Tatsumi et al. (4) is ook gekeken naar de invloed van het gewicht en de BMI op het gemeten aantal counts. Uit deze resultaten blijkt dat gewicht een sterkere correlatie heeft met het gemeten aantal counts dan de BMI (4). In overeenstemming het onderzoek van Van Dalen et al. (8) (gewicht $R^2 = 0,90$; BMI $R^2 = 0,75$) is in huidig onderzoek een betere correlatie gevonden voor gewicht ($R^2 = 0,59$) dan voor BMI ($R^2 = 0,50$). Voor vrouwen is ook een betere correlatie gevonden voor gewicht dan voor BMI (BMI $R^2 = 0,60$; gewicht $R^2 = 0,63$), in tegenstelling tot mannen (gewicht $R^2 = 0,47$; BMI $R^2 = 0,61$). Geslachtsafhankelijk voor mannen heeft de BMI een sterkere correlatie dan het gewicht. De oorzaak van de verschillen in correlatie is onbekend, verder onderzoek zal dit moeten uitwijzen. Voor vrouwen heeft het gewicht een sterker machtsverband dan de BMI, echter zijn deze verschillen klein.

De formule die ontstaat uit het machtsverband is gebruikt om de afhankelijkheid van het gewicht op SNR* uit te sluiten. De correlatie tussen het vetpercentage en SNR* is uitgedrukt als $R^2 = -0,09$: een zeer zwakke correlatie tussen de SNR* en het vetpercentage. In het onderzoek van Decazes et al. (27) wordt aangenomen dat de beeldkwaliteit zal toenemen bij patiënten met een hoger vetpercentage in vergelijking met een patiënt met hetzelfde gewicht en een lager vetpercentage. In het huidige onderzoek is dit niet aangetoond. Uit het onderzoek van Tatsumi et al. (4) is gebleken dat minder counts worden gemeten bij patiënten met obesitas en een hoog BSA (lichaamsoppervlakte), ook deze relatie tussen het vetpercentage en de SNR is niet aangetoond. De resultaten geven geen invloed van het vetpercentage op de SNR.

De vergelijking is gemaakt tussen de vetpercentage meting met behulp van de bio-impedantie weegschaal en de vetpercentage meting met behulp van de low-dose CT. Deze vergelijking geeft een correlatie van $R^2 = 0,81$. Hieruit kan aangenomen worden dat een variatie van 20% zit in vergelijking met een betrouwbare meting met behulp van CT(17). Voor het gebruik van de bio-impedantie weegschaal in de praktijk, kan men een variatie van 20% per meting verwachten.

Een sterk punt aan dit onderzoek is dat een betrouwbare manier is gebruikt bij het berekenen van het vetpercentage. Een handmatige vetpercentagemeting in een diagnostische CT wordt gezien als gouden standaard. Voor deze berekening is gebruik gemaakt van een handmatige vetpercentage berekening in de gemaakte low-dose CT (21). Een ander sterk punt aan dit onderzoek is dat de patiëntenpopulatie representatief is voor patiënten die voor een PET-CT scan komen in het Albert Schweitzer ziekenhuis en hierdoor kunnen de resultaten van dit onderzoek worden toegepast in de praktijk.

In dit onderzoek zijn de patiënten met de armen boven het hoofd én langs het lichaam gescand. Aan de positionering van de patiënt waren geen criteria verbonden, dit is een beperking van dit onderzoek. Dit heeft tot gevolg dat wanneer is gescand met de armen omlaag, de armen een invloed kunnen hebben op de gemeten SNR in de lever. De armen van de patiënt zorgen namelijk voor meer strooistraling en deze strooistraling kan invloed hebben op de gemeten SNR (12). Als gevolg hiervan wordt de gemeten SNR minder betrouwbaar. Ook de inwerktijd en glucosewaarde kunnen invloed hebben op de gemeten SNR. Om deze invloeden te minimaliseren zijn patiënten met een te hoge of te lage glucosewaarde en patiënten met een te lange of te korte inwerktijd geëxcludeerd. Een andere beperking aan het huidige onderzoek is het aantal deelnemers: wanneer de data wordt gesplitst in mannen en vrouwen blijven

relatief weinig gegevens over voor statistische power. Bij een verhoging van het aantal deelnemers zullen betrouwbaardere correlaties worden verkregen.

Voor vervolgonderzoek zou dit onderzoek herhaald kunnen worden met grotere patiëntenpopulatie en meer positioneringscriteria. Dit zal leiden tot een betrouwbaardere SNR met betrouwbaardere conclusies tot gevolg. Dankzij een grotere patiëntenpopulatie kunnen de verschillen tussen mannen en vrouwen nauwkeuriger bepaald worden.

Na invoering van een nieuwe toedieningsformule kan in vervolgonderzoek gekeken worden naar de SNR. De verwachting is dat de SNR in de lever nagenoeg dezelfde waarde heeft. Uit de studie van Wientjes et al. bleek dat alsnog spreiding tussen de datapunten bestaat nadat het nieuwe toedieningsformule werd ingevoerd. De mogelijke invloeden van deze gevonden variaties in SNR kunnen worden getoetst. Uit huidige studie is bekend dat het vetpercentage geen effect heeft op de SNR. In een vervolgstudie zou gekeken kunnen worden naar andere invloeden, zoals spiermassa. Spieren hebben een opname van ^{18}F -FDG, dit is mogelijk van invloed op de beeldkwaliteit. Deze relatie is niet onderzocht.

Uit huidige studie blijkt dat SNR in de lever afneemt wanneer het gewicht toeneemt, wanneer men toedient met een lineair toedieningsmodel. In de praktijk kan de SNR in de lever stabiel blijven met behulp van een machsttoedieningsmodel met betrekking tot gewicht. In deze formule is SNR** de gewenste SNR in elke PET-scan.

$$A(MBq) = \left(\frac{SNR^{**}}{y} \right)^2 \cdot M(kg)^{-2x} \quad (10)$$

Door de verkregen resultaten volgens de gefitte machtsformule in te vullen in formule 10 ontstaat een aanbeveling in een nieuwe toedieningsformule. Deze formule kan gebruikt worden in de praktijk om nagenoeg eenzelfde kwantitatieve beeldkwaliteit te behouden. Voor gewicht is de correlatie voor mannen hoger wanneer mannen en vrouwen tot dezelfde groep behoren, dus is gekozen voor een geslachtsonafhankelijke aanbeveling met betrekking tot gewicht. In het geval van gewicht zal de volgende toedieningsformule tot stand komen:

$$A(MBq) = \left(\frac{SNR^{**}}{26.28} \right)^2 \cdot M(kg)^{1.84} \quad (11)$$

Deze formule kan worden gebruikt voor het gewicht maar ook voor de BMI. Voor de BMI is een geslachtsgebonden sterkere correlatie gevonden. Voor mannen en vrouwen kan een verschillende toedieningsformule worden ontwikkeld op basis van de gevonden fitting parameters. De volgende formules zijn een aanbeveling met gebruik van de BMI op basis van geslacht:

$$A(MBq)_{man} = \left(\frac{SNR^{**}}{18.24} \right)^2 \cdot BMI^{2.3} \quad (12)$$

$$A(MBq)_{vrouw} = \left(\frac{SNR^{**}}{10.672} \right)^2 \cdot BMI^{1.84} \quad (13)$$

Op basis van gevonden correlaties wordt aanbevolen om geslachtsgebonden met een macht ^{18}F -FDG toe te dienen op basis van het vastgestelde BMI. Alternatief is toedienen met het toedieningsmodel op basis van het gewicht. Wanneer deze nieuwe manier van toedienen in de praktijk wordt toegepast, wordt een stabielere SNR gevonden. In de praktijk zullen dus de patiënten met een hoger gewicht eenzelfde kwantitatieve beeldkwaliteit hebben als patiënten met een laag gewicht, waardoor alle patiënten goed te beoordelen zijn door de nucleair geneeskundigen.

De invoer van een nieuw dosisprotocol heeft invloed op de toegediende dosis. Patiënten met een hoger gewicht zullen een hogere dosis toegediend krijgen in vergelijking met toedienen volgens een lineair toedieningsmodel. Maar in het geval van patiënten met een lager gewicht, zullen zij een lagere dosis toegediend krijgen voor dezelfde SNR. Wel zal het toegestane dosis limiet voor het toedienen worden bereikt wanneer het gaat om zware patiënten. Ter compensatie van de te hoge dosis kan gekozen worden voor een langere scantijd. Verder onderzoek zal uit moeten wijzen, wanneer gekozen moet worden voor een langere scantijd (21).

Het Albert Schweitzer ziekenhuis zal een afweging moeten maken tussen beide methodes, wanneer wordt toegediend op basis van BMI zullen meer variabelen een rol spelen in het tot stand komen van de dosis. Van alle patiënten zal lengte en gewicht bepaald moeten worden om de variatie hierin te voorkomen. Toedienen op basis van BMI zal zorgen voor meer handelingen voordat de dosis toegediend kan worden. Toedienen op basis van gewicht zal een gemakkelijkere manier zijn om dezelfde beeldkwaliteit te behouden.

Conclusie

Uit de resultaten kunnen verschillende conclusies worden getrokken. De SNR in de lever daalt bij een hoger gewicht, dit wilt zeggen: hoe hoger het gewicht, hoe lager de SNR. Het gewicht en de BMI ten opzichte van de SNR, waarbij geen invloed bestaat van de toegediende activiteit en tijd per bed positie, geeft een matig tot sterk machtsverband. Uit de resultaten blijkt dat wanneer het gewicht en de BMI hoger wordt, de SNR afneemt met een macht van ± 1 . De SNR*, onafhankelijk van de toegediende activiteit, tijd per bed positie en gewicht, geeft geen correlatie met het vetpercentage. Dit betekent dat geen invloed van het vetpercentage is gevonden op de SNR in de lever.

Literatuur

1. Mizuta T, Senda M, Okamura T, Kitamura K, Inaoka Y, Takahashi M, et al. NEC density and liver ROI S/N ratio for image quality control of whole-body FDG-PET scans: Comparison with visual assessment. *Mol Imaging Biol.* 2009,11(6):480–6.
2. Sanchez-Jurado R, Devis M, Sanz R, Aguilar JE, del Puig Cozar M, Ferrer-Rebolleda J. Whole-body PET/CT studies with lowered (1)(8)F-FDG doses: the influence of body mass index in dose reduction. *J Nucl Med Technol.* 2014,42(1):62–7.
3. Taniguchi T, Akamatsu G, Kasahara Y, Mitsumoto K, Baba S, Tsutsui Y, et al. Improvement in PET/CT image quality in overweight patients with PSF and TOF. *Ann Nucl Med.* 2014,71–7.
4. Tatsumi M, Clark PA, Nakamoto Y, Wahl RL. Impact of body habitus on quantitative and qualitative image quality in whole-body FDG-PET. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2003,30(1):40–5.
5. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJG, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2014,42(2):328–54.
6. de Groot EH, Post N, Boellaard R, Wagenaar NR, Willemsen AT, van Dalen JA. Optimized dose regimen for whole-body FDG-PET imaging. *EJNMMI Res. EJNMMI Research;* 2013,3(1):63.
7. R. Wientjes, MSc1, 2, D. Dickerscheid, PhD1, J. Lavalaye, MD PhD3, J.B.m,A. Habraken Ms. Body mass independent 18F-FDG PET image quality; implementation of a power law based dosage regime. *Nieuwegein: Tijdschrift voor nucleair geneeskunde* 2013, 2013. p. 1048–52.
8. van Dalen JA, Mulder H, De Bruin W, Zuiddwijk MD, Subramaniam V. Optimizing administrated FDG dose for PET imaging. *Tijdschr voor Nucl geneeskude.* 2010,(32):433–7.
9. Oliveira AL, Azevedo DC, Bredella MA, Stanley TL, Torriani M. Visceral and subcutaneous adipose tissue FDG uptake by PET/CT in metabolically healthy obese subjects. *Obesity.* 2015,23(2):286–9.
10. Thomas Christen, MD, PhD1,* , Yuri Sheikine, MD, PhD2, 3,* ,†, Viviane Z Rocha, MD1,* , Shelley Hurwitz, PhD4, Allison B Goldfine, MD5, Marcelo Di Carli, MD1, 2, 3, and Peter Libby M. Increased glucose uptake in visceral versus subcutaneous adipose tissue revealed by PET imaging. *Natl institutes Heal.* 2008,141(4):520–9.
11. Martinez-Möller A, Souvatzoglou M, Delso G, Bundschuh R a, Ched'hotel C, Ziegler SI, et al. Tissue classification as a potential approach for attenuation correction in whole-body PET/MRI: evaluation with PET/CT data. *J Nucl Med.* 2009,50(4):520–6.

12. Lodge MA, Mhlanga JC, Cho SY, Wahl RL. Effect of Patient Arm Motion in Whole-Body PET/CT. *J Nucl Med*. 2011;52(12):1891–7.
13. Matheoud R, Della Monica P, Secco C, Loi G, Krengli M, Inglese E, et al. Influence of different contributions of scatter and attenuation on the threshold values in contrast-based algorithms for volume segmentation. *Phys Medica*. Elsevier Ltd; 2011;27(1):44–51.
14. Lane JT, Mack-Shipman LR, Anderson JC, Moore TE, Erickson JM, Ford TC, et al. Comparison of CT and dual-energy DEXA using a modified trunk compartment in the measurement of abdominal fat. *Endocrine*. 2005;27(3):295–9.
15. OMRON. Body Composition Monitor ‡ instruction manual ‡ mode d ’ emploi. 2011.
16. Kim YJ, Lee SH, Kim TY, Park JY, Choi SH, Kim KG. Body fat assessment method using ct images with separation mask algorithm. *J Digit Imaging*. 2013;26(2):155–62.
17. Kim YJ, Park JW, Kim JW, Park C-S, Gonzalez JPS, Lee SH, et al. Computerized Automated Quantification of Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue From Computed Tomography Scans: Development and Validation Study. *JMIR Med Informatics*. 2016;4(1):e2.
18. Kim WH, Kim CG, Kim DW. Optimal CT number range for adipose tissue when determining lean body mass in whole-body F-18 FDG PET/CT studies. *Nucl Med Mol Imaging* (2010). 2012;46(4):294–9.
19. Yoshizumi T, Nakamura T, Yamane M, Islam a H, Menju M, Yamasaki K, et al. Abdominal fat: standardized technique for measurement at CT. *Radiology*. 1999;211(1):283–6.
20. Villeneuve N, Pelletier-Beaumont E, Nazare J-A, Lemieux I, Alméras N, Bergeron J, et al. Interrelationships between changes in anthropometric variables and computed tomography indices of abdominal fat distribution in response to a 1-year physical activity-healthy eating lifestyle modification program in abdominally obese men. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;39(4):503–11.
21. Masuda Y, Kondo C, Matsuo Y, Uetani M, Kusakabe K. Comparison of imaging protocols for 18F-FDG PET/CT in overweight patients: optimizing scan duration versus administered dose. *J Nucl Med*. 2009;50(6):844–8.
22. Yves Martel. SliceOmatic 5.0. Milletta, Magog, 2015.
23. McDermott GM, Chowdhury FU, Scarsbrook AF. Evaluation of noise equivalent count parameters as indicators of adult whole-body FDG-PET image quality. *Ann Nucl Med*. 2013;27(9):855–61.
24. Burbridge BE. Computed Tomographic Measurement of Gluteal Subcutaneous Fat Thickness in

- Reference to Failure of Gluteal Intramuscular Injections. *Can Assoc Radiol J.* 2007;58(2):72–5.
25. Kuchenbecker WKH, Groen H, Pel H, Bolster JHT, Wolffenbuttel BHR, Land JA, et al. Validation of the measurement of intra-abdominal fat between ultrasound and CT scan in women with obesity and infertility. *Obesity.* 2014;22(2):537–44.
 26. Augustus C, Onderzoek K. Rapportage van analyseresultaten. 2012;(April):1–24.
 27. Decazes P, Metivier D, Rouquette A, Talbot J-N, Kerrou K. A method to improve the semi-quantification of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake : reliability of the estimated lean body mass using a limited field of acquisition, low dose CT from PET/CT. *J Nucl Med.* 2015;753–9.

Bijlagen

Bijlage I: Protocol whole-body PET-CT Albert Schweitzer ziekenhuis

	PET-CT WHOLE BODY EN TOTAL BODY			Geautoriseerd: 23-02-2016
	Werkvoorschrift			Gepubliceerd: 23-02-2016
	Document ID: 5110017		v. 4.0	Status: Geldig/Gepubliceerd

PET-CT Whole Body / Total Body

Inhoudsopgave

1 Doel	1
2 Toepassingsgebied	1
3 Verantwoordelijkheden en bevoegdheden	1
4 Beschrijving van het proces.....	1
4.1 Patiëntvoorbereiding	2
4.1.1 Voorbereiding algemeen.....	2
4.1.2 Voorbereiding met koolhydraatarm dieet.....	3
4.1.3 Voorbereiding PET	3
4.2 Acquisitie	4
4.3 Processing	7
5 Begrippen	8
6 Bijzonderheden	9
7 Literatuur.....	9
8 Bijbehorende documenten.....	9

1 Doel

Vorbereiding, acquisitie en processing van PET/CT WB en Total Body.

2 Toepassingsgebied

Afdeling Nucleaire Geneeskunde van het Albert Schweitzer ziekenhuis te Dordrecht.

3 Verantwoordelijkheden en bevoegdheden

Handeling invullen	Bevoegd	Verantwoordelijk
Vorbereiding	1 + 2	1 + 2
Acquisitie	1 + 2	1 + 2
Processing	1 + 2	1 + 2

1= afdelingshoofd

2= MNW-ers

4 Beschrijving van het proces

Principe

FDG is een glucose-analoon. Toepassing in de oncologie berust op verhoogde glucosebehoefte in de meeste tumortypen ten opzichte van de meeste andere weefsels. F18-FDG wordt in de cel opgenomen via glucosetransporters in de celmembraan (Glut) en blijft, na fosforylering door hexokinase, (in tegenstelling tot glucose) dan vrijwel intracellulair. De F18- FDG-kinetiek is zodanig dat statische imaging ca 60 minuten na toediening adequate beelden oplevert. Niet alle maligniteiten nemen F18-FDG op: zo hebben veel bronchoalveolaircelcarcinomen geen upregulatie van Glut- transporters. Vaak is het zo dat binnen een tumortype niet alle patiënten een F18-FDG-positieve tumor hebben: dat geldt bijv. voor niercelcarcinomen, schildkliercarcinoom en carcinoïd. De reden voor deze heterogeniteit is niet volstrekt duidelijk.

Indicaties

(Inter)nationaal is nog steeds sprake van 'een veld in beweging', met soms opmerkelijke verschillen tussen diverse landen. Onderstaande opsomming is derhalve subjectief en berust op een combinatie van ervaring en literatuur.

	PET-CT WHOLE BODY EN TOTAL BODY			Geautoriseerd: 23-02-2016
	Werkvoorschrift			Gepubliceerd: 23-02-2016
	Document ID: 5110017		v. 4.0	Status: Geldig/Gepubliceerd

a. Primaire presentatie:

- Diagnose: onbekende primaire maligniteit, solitaire longhaard (bij discrepantie tussen klinische en radiologische kansschatting op kanker), lymfadenopathie eci, infectie met onbekend focus.
- Stadiëring bij presentatie: niet-kleincellige longkanker, T3 oesofaguscarcinoom, M. Hodgkin, non-Hodgkin lymfoom, multipel myeloom, melanoom, locally advanced cervixcarcinoom en locally advanced mammacarcinoom/KNO-tumoren met risicofactoren.

b. Responseevaluatie:

- Maligne lymfoom, GIST, vooralsnog overige toepassingen in onderzoeksverband.
- Kansrijk lijken oesofagus-, long- en borstkanker.

c. Restadiëring bij (verdenking) recidief:

- Verhoogde serummarkers (bijv. colorectaal, schildklier, ovarium, cervix, melanoom, mamma en kiemceltumoren).
- Bij voorgenomen lokale behandeling van beperkt recidief met mogelijk hoge morbiditeit (bijv. lever-/longmetastasen, lokaal recidief).

Gegevensbiideaanvraag

- Vraagstelling (zie indicaties)
- Lengte en gewicht (bij SUV-metingen exact vastleggen)
- (Indien bekend) tumortype, reeds bekende tumorlokalisaties
- (Oncologische) voorgeschiedenis
- Diabetes mellitus (medicatie)
- Resultaten van ander beeldvormend onderzoek (in het bijzonder CT/MRI)+
- Tot welke datum heeft de patiënt chemotherapie, G(m)-CSF en/of andere groeifactoren ontvangen?
- Bij reguliere patiëntenzorg streven naar tenminste 10 dagen tussen laatste gift en de PET-CT.

Radiofarmacon

- Preparaat: F-18-fluorodeoxyglucose (FDG)
- Nuclide: Fluor-18
- Dosering: 2 MBq/kg lichaamsgewicht
- Toediening: Intraveneus

Benodigdheden

- Apparatuur ter bepaling van bloedglucosewaarden.
- Injector Intego (Medrad)

4.1 Patiëntvoorbereiding

4.1.1 Voorbereiding algemeen

De patiënt dient 6 uur voor aanvang van het onderzoek nuchter te zijn voor voedsel en suiker.

In de praktijk betekent dit voor onderzoek in de ochtend niet eten na middernacht en voor onderzoek na 12 uur is een licht ontbijt vroeg in de morgen toegestaan. Medicatie kan normaal worden gebruikt.

De patiënt dient 2 uur voor het onderzoek 1 liter water te drinken. Ruime prehydratie voorafgaand aan injectie is van belang om een lage F18-FDG-concentratie in de urine te bereiken (minder kans op artefacten) en uit stralingshygiënische overwegingen.

Bij intraveneuze prehydratie mag géén glucose in het infuus worden gebruikt.

Vóór het onderzoek moet patiënt inspanning vermijden (niet fietsen naar het ziekenhuis).

Een blaascatheter wordt alleen op indicatie aangebracht, bij voorkeur vóór de toediening van het F18-FDG. Toedienen van diureticum (furosemide) kan worden overwogen bij tumoren in het kleine bekken maar hoeft niet routinematig.

	PET-CT WHOLE BODY EN TOTAL BODY			Geautoriseerd: 23-02-2016
	Werkvoorschrift			Gepubliceerd: 23-02-2016
	Document ID: 5110017		v. 4.0	Status: Geldig/Gepubliceerd

Indien de vraagstelling een mammacarcinoom, lymfoom, Hodgkin, non Hodgkin DLBCL betreft, dient de patiënt diazepam te worden gegeven, ter vermindering van bruin vet-activiteit. In geval van tumoren in het hoofd-halsgebied kunnen sedativa (diazepam, temazepam) ook worden overwogen om F18-FDG-opname in de spieren te verminderen. Toediening hiervan voor de toediening van F18-FDG. Patiënten dienen van te voren gewaarschuwd te worden dat zij niet zelf naar huis mogen rijden.

Voor de toediening van F18-FDG dient het bloedglucose te worden bepaald. Voor de bepaling kan gebruik worden gemaakt van een Accu-Chek Inform II of vergelijkbaar apparaat (globale controle op euglycemie), zie protocol [Accu-Chek Inform II](#). Voor de glucoserecorrectie bij SUV-metingen dient een bloedglucosebepaling plaats te vinden in het laboratorium van het eigen ziekenhuis.

- indien glucose < 11 mmol/l kan de studie doorgang vinden

- indien glucose ≥ 11 mmol/l moet de studie opnieuw worden ingepland

NB: om de glucosespiegel te verlagen mag geen insuline worden toegediend (leidt tot meer spieropname van FDG) tenzij de wachttijd tussen toedienen van insuline en FDG meer dan 4 uur bedraagt.

De omgevingstemperatuur in toedien-/verblijfruimte dient behaaglijk te zijn om opname in 'bruin vet' te voorkomen.

Diabetes Mellitus:

Diabetes Mellitus type I en insuline-afhankelijke type II:

- Bij voorkeur wordt in samenspraak met de patiënt en behandelend specialist gestreefd naar normoglycemie voorafgaand aan het PET-CT onderzoek.
- Onderzoek dient met voorkeur aan het einde van de ochtend te worden gepland.
- Patiënt mag 4 uur voor aanvang van het onderzoek nog een licht ontbijt gebruiken zonder suikerproducten en injecteert de normale hoeveelheid insuline.
- Patiënt dient 2 uur voor aanvang van het onderzoek 1 liter water te drinken.
- Bij een continue insuline-infusie wordt gestreefd om het onderzoek vroeg in de ochtend te plannen. De insulinepomp blijft dan in de 'nachtstand' staan tot na het onderzoek.

Diabetes Mellitus type II (medicamenteus behandeld):

- Onderzoek dient met voorkeur aan het einde van de ochtend te worden gepland.
- Patiënt mag 4 uur voor aanvang van het onderzoek nog een licht ontbijt gebruiken zonder suikerproducten.
- Patiënt dient 2 uur voor aanvang van het onderzoek 1 liter water te drinken.
- Orale bloedsuikerverlagende medicatie mogen worden doorgebruikt.

4.1.2 Voorbereiding met koolhydraatarm dieet

Voor het aantonen van ontstekingsprocessen kan de patiënt een koolhydraatarm dieet voorgeschreven krijgen. De patiënt dient 24 uur voor het onderzoek te starten met een koolhydraatarm dieet. Zie protocol [KOOLHYDRAATARM DIEET VOORBEREIDING BIJ PET/CT](#)

4.1.3 Voorbereiding PET

- Kijk in RIS wat er is ingevuld in het onderzoeksformulier/aanvraag.
- Controleer lengte en gewicht.
- Controleer of de patiënt nuchter is en of de patiënt 1 liter water heeft gedronken.
- Controleer de bloedglucose van de patiënt en noteer deze in het onderzoeksformulier.
- Zet een infuus bij de patiënt.
- Laat de patiënt voor de injectie goed uitplassen.
- Instrueer de patiënt om zo ontspannen mogelijk te blijven zitten/liggen en zorg dat de ruimte warm is en rustig. Toiletbezoek tijdens de wachttijd is toegestaan.
- Injecteer de hoeveelheid F18-FDG met behulp van de injector (zie procedure [Intego \(Medrad\)](#))
- Vraag na 45-60 minuten de patiënt om goed uit te plassen.
- Verwijder het infuus (tenzij er nog een diagnostische CT wordt gedaan zoals bij de patiënten die via het longzorgpad komen).
- Idealiter wordt 55-75 minuten na toediening van FDG begonnen met scannen. Indien de incubatietijd meer dan 2 uur bedraagt (bv t.g.v. technische problemen) wordt de scan onvoldoende betrouwbaar en dient een nieuwe afspraak te worden gemaakt.

4.2 Acquisitie

Camera

[PET/CT\(BiographmCT\)werkvoorschrift](#)

Opnamegegevens

Type:	PET WB	PET WB + Extremititeiten
Scanprotocol	PETCT_AC Wholebody_ASZ_carekV	PETCT_AC TB_feetfirst_ASZ
Patient Position	Head First Supine	Feet First Supine

Topogram

mA	35
kV	80
Tube Position	Top
Direction	Craniocaudal
Topogram lenght	1536mm
API	None
Auto Transfer	Auto

CT Scan:

Range Name	CT WB
Mode	Spiral
Direction	Craniocaudal
kV	100
Ref. kv	80 tot 140
Quality Ref. mAs	40
Eff. mAs	+/- 40
CARE Dose type	CARE Dose4D
Dose modulation	On
Rotation Time	0.5s
Collimation	1.2mm
Slice	3.0mm
Acquisition	16x1.2mm
Pitch	0.8
Max scan length	30.0s
Lower limit mAs	25%
CarekV min	80 kV
CarekV max	140 kV
Delay	2s
Scan Time	37s

Recon 1:

Series Description	AC CT WB
Slice	3.0mm
Kernel	B18f very smooth
FAST	Enabled
FAST windows	Abdomen
FoV	780
HD Extended	Enabled
Recon Job type	Axial
Image Order	Craniocaudal
Increment	3.0mm
No. Images	368
Auto Tasking	None

Recon 2:

Series Description	CT WB 3.0 B30f	
Slice	3.0mm	
Kernel	B30 Medium smooth	
FAST	Enabled	
FAST windows	Abdomen	
FoV	500	
HD Extended	Disabled	
Recon Job type	Axial	
Image Order	Cranio-caudal	
Increment	2.0mm	
No. Images	552	929
Auto Tasking	Syngovia	

Recon 3:

Series Description	CT Lung 3.0 B70f	
Slice	3.0mm	
Kernel	B70 very sharp	
FAST	Enabled	
FAST windows	Lung	
FoV	300	
HD Extended	Disabled	
Recon Job type	Axial	
Image Order	Cranio-caudal	
Increment	2.0mm	
No. Images	150	
Auto Tasking	Syngovia	

PET Scan:

Isotope	F-18	
Dose	Invullen!	
Time	Invullen!	
Scan Range	Match CT Slices Enabled	
No. of Beds	1 ~ 9	1 – 17
Duration of Bed	3 min	3 min / Extremiteten 2 min

PET Recon 1:

Series Description	PET WB AC	
Recon Range	1 – 17	
Output type	Corrected	
Recon method	Iterative	
Iterations	3	
Subsets	21	
Image size	200	
Zoom	2.0	
Filter	Gaussian	
FWHM	2.0	
Offset (Y x X)	0 x 0	
Att. Correction CT	AC CT WB	
Scatter Correction	Enabled	
Match CT location	Enabled	
Auto Tasking	Syngovia, Sectra	

PET Recon 2:

Series Description	PET WB Uncorrected
Recon Range	1 – 17
Output type	Uncorrected
Recon method	Iterative
Iterations	3
Subsets	21
Image size	200
Zoom	2.0
Filter	Gaussian
FWHM	5.0
Offset (Y x X)	0 x 0
Att. Correction CT	AC CT WB
Scatter Correction	Enabled
Match CT location	Enabled
Auto Tasking	Syngovia, Sectra

Patiëntgegevens:

- Gebruik de browserknop van het toetsenbord om naar de patiënt browser te gaan.
- Haal de patiënt binnen uit de scheduler en dubbelklik op de juiste patiëntennaam.
- Voer het gewicht van de patiënt in.
- Selecteer in het volgende scherm het juiste scanprotocol. De PETCT_AC_Wholebody_ASZ_carekV is standaard geselecteerd. Dus bij een normale PET WB hoeft u alleen maar op OK te drukken.
- Selecteer de PET serie en voer de dosis en de tijd in (Dit kan ook via het icoontje met de spuit erop: Edit Dose Parameters).

Instellenpatiënt:

- Laat de patiënt alle metalen voorwerpen in het te scannen gebied af doen.
- Leg de patiënt op de rug op tafel, "Head First" en de armen boven het hoofd (NIET ONDER!) voor een normale PET WB. Mocht de patiënt dit niet kunnen dan armen langs het lichaam en met de armwraps fixeren.
- Voor een PET WB + Extremiteten, de patiënt "Feet First" positioneren en de armen langs het lichaam en de bed extensies gebruiken.
- Met de voorgedefinieerde knop A breng je de patiënt naar de standaard beginpositie.
- Laat de patiënt de ogen sluiten en kijk of de lasers uiterst 2 vingers boven het hoofd staan. Verschuif de tafel waar nodig.
- Houd de knop CT FOV ingedrukt en controleer met de lasers of de tafelhoogte goed is (midden van de patiënt). Pas de tafelhoogte waar nodig aan.
- Vertel de patiënt hoelang de scan duurt, dat hij/zij stil moet blijven liggen en dat tijdens het scannen het bed een paar keer heen en weer gaat. Leg ook uit dat we hem/haar in de gaten kunnen houden met de camera en de intercom.
- Sluit de deur naar de PET/CT ruimte!

Instellenacquisitie:

- Selecteer Topogram en druk op LOAD.
- Druk nu op de START knop. Stop het topogram met de witte STOP knop (knippert, dus niet de rode stop knop, welke de noodstop is) zodra de te scannen regio volledig in beeld is.
- Selecteer CT WB en het gedeelte dat je wilt scannen (bovenkant hoofd t/m het volledige bekken). Dit bepaald het aantal bedposities. Selecteer LOAD.
- Houd de MOVE knop ingedrukt en druk daarna op de START knop.
- Houd de MOVE knop wederom ingedrukt en druk vervolgens op de START knop.
- Als de scan klaar is zal de computer de beelden automatisch reconstrueren. De opnames worden automatisch in TrueD geladen zodat je kunt controleren of de scan gelukt is. Druk hier in het scherm van TrueD op Image en kies create MIP ranges... Wacht een seconde of 10 voordat je op create MIP druk, het systeem is nog bezig met renderen zodra hij net in TrueD geladen is
- Er moet een reconstructie worden gemaakt van de longen met een long setting. Selecteer in CT WB het blokje voor deze reconstructie
- Zet de grenzen in de CT beelden zodanig dat alleen de gehele longen erin vallen. En zet de zijgrenzen ervan tot en met de oksels.
- Selecteer Recon
- Sluit het acquisitieprotocol af en klik op YES.

4.3 Processing

Coronale coupes:

- Selecteer de patiënt in de Patiënt Browser en selecteer de CT studie (CT-WB 3.0 B30f).
- Klik op het icoontje 3D MPR.
- Selecteer de patiënt in de Patiënt Browser en selecteer de PET studie (PET-WB).
- Klik op het icoontje 3D Fusion.
- Gebruik de knop VOI Punch om het bed te verwijderen. Trek een ROI om het bed heen en druk op de knop remove inside. (is niet verplicht maar wel zo netjes)
- Klik daarna op het icoontje Parallel ranges (klik eerst de rotating MIP weg).
- Selecteer bij de presets: Coronaal 5mmPETCT.
- Klik op het linker scherm om dat venster actief te maken
- Druk met de rechter muisknop op de MPR Fusion knop en verander de color LUT naar HotMetal2 met een B waarde van 0.3 en een T waarde van 5.0. Druk na het aanpassen van de B/T waardes op enter voor je op close druk anders word de wijziging niet doorgevoerd. Als de lever niet fel gekleurd genoeg is moet de T waarde nog verder omlaag om het contrast te verhogen. Druk vervolgens op close.
- Controleer of de Image Thickness 5mm is en de Image Distance 4mm
- Stel de grenzen van de slices in en klik op START.
- Klik op Save As en sla de studie op als Coronaal 5mmPETCT.
- Selecteer bij output type: PT
- Selecteer bij Image: Color lookup table en zet deze op orginal.
- Controleer of de Image Thickness 5mm is en de Image Distance 4mm
- Klik op START.
- Klik op Save As en sla de studie op als Coronaal 5mmPET.
- Selecteer bij output type: CT
- Controleer of de Image Thickness 5mm is en de Image Distance 4mm
- Klik op START.
- Klik op Save As en sla de studie op als Coronaal 5mmCT.

Transversale coupes:

- Doe hetzelfde voor de transversale coupes. Kijk ook hier of de grenzen goed staan en waar nodig pas ze aan.
- Activeer en vergroot het beeld in het linker scherm door met de rechter muis knop te klikken totdat het popup menu opent en highlight dan de functie zoom/pan en laat de rechtermuisknop weer los. Sleep daarna vanaf de rechterkant onder naar het midden van het scherm om te zoomen.
- Selecteer bij de presets: Transversaal 5mmPETCT en bij de output type: PETCT, PT en CT.
- Begin met de PET-CT slices.
- Controleer of de Image Thickness 5mm is en de Image Distance 4mm
- Sla alles op onder Transversaal 5mmPETCT, Transversaal 5mmPET en Transversaal 5mmCT.

Lung coupes:

- Selecteer de patiënt in de Patiënt Browser en selecteer de CT studie (CT-LUNG 3.0 B70f).
- Klik op het icoontje 3D MPR.
- Selecteer de patiënt in de Patiënt Browser en selecteer de PET studie (PET-WB).
- Klik op het icoontje 3D Fusion.
- klik de rotating MIP weg
- Klik daarna op het icoontje Parallel ranges
- Klik op het linker scherm om dat venster actief te maken
- Selecteer bij de presets: Lung 3mmPETCT
- Druk met de rechter muisknop op de MPR Fusion knop en verander de color LUT naar HotMetal2 met dezelfde B en T-waarde als bij de coronale slices. Druk na het aanpassen van de B/T waardes op enter voor je op close druk anders word de wijziging niet doorgevoerd. Druk vervolgens op close.
- Controleer of de Image Thickness 3mm is en de Image Distance 2mm
- Activeer en vergroot het beeld in het linker scherm door met de rechter muis knop van rechts onder in het scherm naar het midden te schuiven.
- Stel de grenzen van de slices in en klik op START.
- Klik op Save As en sla de studie op als Lung 3mmPETCT.
- Selecteer bij output type: CT
- Controleer of de Image Thickness 3mm is en de Image Distance 2mm
- Klik op START.
- Klik op Save As en sla de studie op als Lung 3mmCT.

Uitwerking versturen

- Als de scan klaar is worden automatisch de PET beelden naar SPECTRA gestuurd (PET WB en PET WB Uncorrected).
- Stuur handmatig nog de CT beelden (CT Lung 3.0 B70f en CT-WB 3.0 B30f), de Coronale, Transversale en Lung coupes die je hebt gemaakt, patiënt protocol, het topogram, dose report en de MIP collection <MIP Ranges> naar SPECTRA via de Patiënt Browser met het icoontje: Archive to... Selecteer hierbij SPECTRA en klik op Archive.
- Als de scan klaar is worden ook automatisch de PET en de CT beelden naar Syngo via gestuurd.

5 Begrippen

PET = positron emissie tomografie

Mnw-er = medisch nucleair werker

F-18 = Fluor-18 (kortlevend isotoop)

NVNG = Nederlandse vereniging nucleaire geneeskunde

	PET-CT WHOLE BODY EN TOTAL BODY			Geautoriseerd: 23-02-2016
	Werkvoorschrift			Gepubliceerd: 23-02-2016
	Document ID: S110017	Pagina 32 van	V: 4.0	Status: Geldig/Gepubliceerd

6 Bijzonderheden

nvt

7 Literatuur

- Handboek Radiofarmacie.
- Leerboek Nucleaire Geneeskunde 1 en 2.
- Aanbevelingen nucleaire geneeskunde diagnostiek 2007 NVNG.

8 Bijbehorende documenten

In DoculinQ: Protocol [Accu-ChekInformII](#).
 Protocol [KOOLHYDRAATARMDEET](#)
[VOORBEREIDINGBIJPET/CT](#) Protocol [Intego](#)
[\(Medrad\)](#)
 Protocol [PET/CT\(BiographmCT\)werkvoorschrift](#)

[top](#)

Uitvoering vetpercentagemeting

Patiënten met de volgende apparatuur mogen niet meewerken met de vetpercentagemeting:

- medisch elektronische apparaten bijv. pacemaker
- Elektronische bewakingsapparatuur
- Draagbare elektronische medische apparaten bijv. elektrocardiografen.
- Boven de 150kg.

Kledingvoorschriften:

- Patiënten hebben blote voeten tijdens de vetpercentage meting
- Wijdvallende kleding moet worden uitgetrokken voor een betrouwbare meting

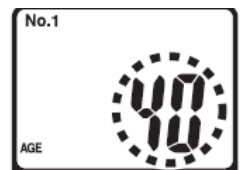
Stap 1.

Zet de weegschaal aan met behulp van een knop onder op de weegschaal. Het display knippert met CAL. Wacht tot de weegschaal 0.0 kg aangeeft. Neem de houder uit de weegschaal. Let op: doe dit pas wanneer de weegschaal 0.0 aangeeft, anders neemt hij het gewicht van de houder mee in het gewicht van de patiënt.



Stap2.

Druk op de knop . Er komt het getal 40 knipperend in beeld tevoorschijn, dit is de leeftijd van de patiënt. Stel de leeftijd in doormiddel van de pijltjes op de handgreep.

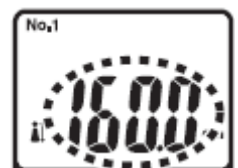


Druk op , de ingegeven leeftijd wordt nu opgeslagen.

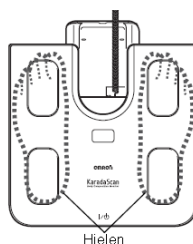
Hierna moet het geslacht ingesteld worden, er komt een icoontje van een man en een vrouw in beeld. Kies het geslacht doormiddel van de pijltjes. Druk op .



Geef de lengte van de patiënt in door middel van de pijltjes. Druk op , de ingegeven waardes komen langs in het display. Hierna komt 0.0kg in beeld.

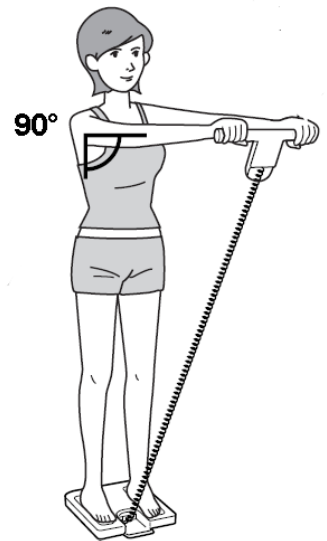


Stap3. Wanneer 0.0kg in beeld komt, mag de patiënt met blote voeten plaatsnemen op de weegschaal. Zorg ervoor dat de patiënt in het midden van de weegschaal staat zodat het gewicht wordt verdeeld over de hele weegschaal. Het display geeft het gewicht weer, wanneer het gewicht 2x knippert is de meting van het gewicht klaar.



Stap4.

De weegschaal gaat nu de vetpercentageberekeningen uitvoeren. Wanneer in het display START verschijnt moet de patiënt de armen strekken in een hoek van 90 graden met het lichaam. Er ontstaat een meetvoortgangsbalk onder in het display. Wanneer de metingen zijn verricht komt het gemeten gewicht weer in beeld en kan de patiënt van de weegschaal afstappen. Houding bij de vetpercentage meting:



Let op de volgende aspecten bij de houding van de patiënt:

- Armen in 90 graden van het lichaam.
- Display naar de patiënt gericht, dus niet naar boven gericht.
- Knieën en rug recht en kijk recht naar voren
- Middelvinger zit in de greep achterop het handvat

Stap5.

Noteer Lengte en gewicht van digitale weegschaal op het formulier. Druk op de knop



voor het verkrijgen van het vetpercentage. Noteer deze waarde. Druk op



het percentage skeletspiermassa komt in beeld, noteer deze. Druk op



en noteer

het visceraal vetniveau. Druk op



en noteer het gemeten BMI.



Stap6.

Vraag de patiënt plaats te nemen op de analoge weegschaal om het gewicht te bepalen. Noteer deze waarde op het formulier.

Stap7.

Reinig de elektroden op de weegschaal met alcohol, gebruik voor de rest van de weegschaal een droge doek. Zorg ervoor dat het snoer van de weegschaal niet knikt bij het opbergen.

Stap8.

Het onderzoek wordt verder volgens protocol uitgevoerd.

Stap 9.

Nadat het onderzoek is uitgevoerd, wordt het onderzoek in het mapje 'vet-PET' geplaatst. (15)

Informatiebrochure Vet-PET

Onderzoek naar invloed vetpercentage op beeldkwaliteit PET-CT scan.

Geachte heer/mevrouw,

U bent vandaag op de afdeling Nucleaire Geneeskunde in verband met een PET-CT scan.

Wij vragen u vriendelijk om mee te doen aan een medisch-wetenschappelijk onderzoek. U beslist zelf of u wilt meedoen. Voordat u de beslissing neemt, is het belangrijk om meer te weten over het onderzoek. Lees deze informatiebrief rustig door. Bespreek het met partner, vrienden of familie. Lees ook de Algemene brochure. Daar staat veel algemene informatie over medisch-wetenschappelijk onderzoek in. Hebt u na het lezen van de informatie nog vragen? Dan kunt u terecht bij de onderzoeker.

Het doel van dit onderzoek is om te kijken of de kwaliteit van de PET-CT scan verbeterd kan worden door rekening te houden met het vetpercentage van patiënten. Om het vetpercentage te meten vragen we u om op een weegschaal te staan die uw vetpercentage kan meten. De resultaten van deze metingen bij meerdere patiënten gebruiken wij om te kijken of het mogelijk is om de kwaliteit van de scan te verbeteren.

Naast de geplande scan waar u voor komt vragen we u om kort op een weegschaal te staan voorafgaand aan de scan. U heeft zelf geen voordeel van deelname aan dit onderzoek. Voor de toekomst kan het onderzoek kat het wel nuttige gegevens opleveren.

U beslist zelf of u meedoet aan het onderzoek. Deelname is vrijwillig. Als u besluit niet mee te doen, hoeft u verder niets te doen. U hoeft niets te tekenen. U hoeft ook niet te zeggen waarom u niet wilt meedoen. Als u patiënt bent, krijgt u gewoon de behandeling die u anders ook zou krijgen. Als u wel meedoet, kunt u zich altijd bedenken en toch stoppen. Ook tijdens het onderzoek. We hopen dat u mee wilt doen.

Met vriendelijke groet.,

Dr. D. Dickerscheid, onderzoeker

Toestemmingsverklaring

Onderzoek naar invloed vetpercentage op beeldkwaliteit PET-CT scan.

- Ik heb de informatiebrief voor de proefpersoon gelezen. Ik kon aanvullende vragen stellen. Mijn vragen zijn genoeg beantwoord. Ik had genoeg tijd om te beslissen of ik meedoe.
- Ik weet dat meedoen helemaal vrijwillig is. Ik weet dat ik op ieder moment kan beslissen om toch niet mee te doen. Daarvoor hoef ik geen reden te geven.
- Ik weet dat sommige mensen mijn gegevens kunnen zien.
- Ik geef toestemming om mijn gegevens te gebruiken, voor de doelen die in de informatiebrief staan.
- Ik geef toestemming om mijn onderzoeksgegevens 15 jaar na afloop van dit onderzoek te bewaren.

Ik wil meedoen aan dit onderzoek.

Naam proefpersoon:

Handtekening:

Datum : __ / __ / __

Ik verklaar hierbij dat ik deze proefpersoon volledig heb geïnformeerd over het genoemde onderzoek.

Als er tijdens het onderzoek informatie bekend wordt die de toestemming van de proefpersoon zou kunnen beïnvloeden, dan breng ik hem/haar daarvan tijdig op de hoogte.

Naam onderzoeker (of diens vertegenwoordiger):

Handtekening:

Datum: __ / __ / __

Aanvullende informatie is gegeven door (indien van toepassing):

Naam:

Functie:

Handtekening:

Datum: __ / __ / __

* Doorhalen wat niet van toepassing is.

** Voor kinderen van 12 t/m 17 jaar, die zelfstandig beslissingen kunnen nemen (wilsbekwaam zijn), moeten de ouders/voogd ook formulier C ondertekenen.

Bijlage V: Goedkeuring WOAC

Kenmerk
AG/2016.16

Datum
17 februari 2016

Onderwerp
Trial 2016.16 (Vet-PET)

Doorkies telefoonnummer; e-mailadres
078-6545317 – secretariaatWOAC@asz.nl

Uw kenmerk

Afdeling
Secretariaat WOAC



Locatie Dordwijk
Albert Schweitzerplaats 25, Postbus 444
3300 AK Dordrecht.
Telefoon : (078) 6541111 Telefax : (078) 6541999

Aan de heer dr. D. Dickerscheid, klinisch fysicus

Albert Schweitzer ziekenhuis

Geachte heer Dickerscheid,

Tijdens de vergadering van de Wetenschappelijk Onderzoek Advies Commissie van 15 februari 2016 werd uw studie "Onderzoek naar invloed vetpercentage op beeldkwaliteit PET-CT scan (Vet-PET)." besproken.

Het betreft een niet-WMO-plichtig onderzoek. De commissie vindt dit een interessant, maar wel summier protocol; de commissie geeft u de volgende suggestie: zou het niet interessant zijn om vet% te linken aan de juistheid van de diagnose. Denk aan bijvoorbeeld relatie vet% en aangetoonde positieve 18F-FDG PET scan t.o.v. de klassieke Dukes criteria om een endocarditis aan te tonen.

De commissie geeft u de aanbeveling om informatie omtrent dataverwerking en statistische analyse in het protocol te verwerken.

Conform het advies van de WOAC van 15 februari 2016, deel ik u mede dat er geen bezwaar is tegen deelname aan deze studie.

Alvorens met de uitvoering van het onderzoek gestart mag worden, dient u in het bezit te zijn van toestemming voor de uitvoering van het onderzoek door de bedrijfsleider van eenheid Interne Geneeskunde. Tevens wordt van u verwacht, dat u zich houdt aan Code Goed Gedrag c.q. Code Goed Gebruik (zie ook de intranetsite van de WOAC). De WOAC gaat er vanuit de betrokken onderzoekers GCP-gecertificeerd zijn binnen 1 jaar.

Ik wens u veel succes bij het onderzoek.

Met vriendelijke groet,

P.E. van der Meer,
voorzitter Raad van Bestuur

C.c.: Bedrijfsleider

Bijlage

Het Albert Schweitzer ziekenhuis omvat de locaties
Amstelveen, Dordrecht, Sliedrecht en Zwijndrecht



- Voor prospectief onderzoek, waarbij gegevens van proefpersonen worden verzameld en verwerkt, is toestemming van de proefpersonen nodig.
- Voor retrospectief onderzoek, waarbij gegevens van proefpersonen gecodeerd worden verzameld en verwerkt, is toestemming van de proefpersonen nodig.
(Bij retrospectief *anoniem* onderzoek is toestemming niet verplicht, hierbij zijn de gegevens nooit meer herleidbaar tot de proefpersonen.)

Wanneer in een onderzoek gegevens worden verzameld van proefpersonen, dient hiermee correct te worden omgegaan zoals bepaald in de Gedragscode Gezondheidsonderzoek (Code Goed Gedrag), het Privacy Reglement Erasmus MC, en de Wet bescherming persoonsgegevens. U vindt hierover meer informatie op de intranet website van de WOAC (www.intranet.asz.int/inhoud/indienen-trial) en op de website van FEDERA (www.federa.org).

- Wanneer in een onderzoek (lichaams)materiaal van proefpersonen wordt verzameld en verwerkt, dient hiermee correct te worden omgegaan zoals bepaald in de Code Goed Gebruik. U vindt hierover meer informatie op de website van FEDERA (www.federa.org).
- Vergunningplichtig bevolkingsonderzoek moet worden ingediend bij de Commissie Bevolkingsonderzoek ter toetsing conform de Wet bevolkingsonderzoek. U vindt hierover meer informatie op de website van de CCMO (www.ccmo.nl).
- Niet WMO-plichtig Fase IV Geneesmiddelen onderzoek dat wordt geïnitieerd door de farmaceutische industrie dient te worden getoetst en uitgevoerd conform de Gedragscode Geneesmiddelenreclame. U vindt hierover meer informatie op de site van de stichting Code geneesmiddelen reclame (www.cgr.nl).
- Amendementen en/of addenda bij dit onderzoek dienen aan een landelijk erkende toetsingscommissie ter beoordeling (zoals METC Erasmus MC en TWOR) te worden voorgelegd, zodat kan worden beoordeeld of het onderzoek nog steeds buiten de reikwijdte van de WMO blijft, of dat er door het amendement/addendum sprake is van WMO-plichtig onderzoek.
- Voor ethische toetsing van Onderwijsonderzoek verwijst de commissie u naar de website van de NVMO-ERB (www.nvmo.nl).