

UNIVERSITY OF TWENTE.

Technische Geneeskunde, MDO

Statisch onderzoek naar de bekkenbodem in supine en staande positie

Protocolontwikkeling laagveld MR

Maaike Dotinga (s1435388) Angelique van Vlaenderen (s1481843) Anouk ten Voorde (s1454900) Lisanne Zwart (s1423282)

Bacheloropdracht 20 Juni 2016

Medisch begeleider: Prof. dr. C.H. van der Vaart Technisch begeleiders: Ir. F.F.J. Simonis A.T.M. Bellos-Grob, MSc J. olde Heuvel, BSc Procesbegeleider: A.M. van der Schot, BSc

Universiteit Twente Opleiding Technische Geneeskunde Noordhorst (NH101) Postbus 217 7500 AE Enschede

Dankwoord

Dit verslag is het eindproduct van onze Multidisciplinaire Opdracht (MDO). De MDO is de bachelor eindopdracht van Technische Geneeskunde aan de Universiteit Twente. De afgelopen tien weken zijn we bezig geweest om de opdracht te volbrengen en dit verslag te verwezenlijken. Wij willen onze medisch begeleider van het Universitair Medisch Centrum Utrecht, Huub van der Vaart, en onze technisch begeleiders van de Universiteit Twente, Frank Simonis, Anique Bellos-Grob en Judith olde Heuvel bedanken voor het verzorgen van de opdracht en voor de hulp bij het uitvoeren van de opdracht. Daarnaast willen we Klaas Poortema bedanken voor de hulp bij statistiek. Tenslotte willen we ook onze procesbegeleider, Anouk van der Schot, bedanken voor het in goede banen leiden van ons individuele leerproces. Wij wensen u veel leesplezier toe.

Maaike Dotinga, Angelique van Vlaenderen, Anouk ten Voorde en Lisanne Zwart

Abstract

Inleiding: Bekkenbodemdysfunctie is een veelvoorkomend probleem bij vrouwen en heeft een grote invloed op de kwaliteit van leven. Het stellen van een tijdige diagnose is van belang, aangezien deze invloed kan hebben op het herstel en de ernst van de klachten die de patiënt ondervindt. Diagnostisch onderzoek wordt gebruikelijk uitgevoerd in supine positie, terwijl klachten veelal worden ondervonden in staande positie doordat de zwaartekracht een rol speelt. Met behulp van een laagveld MR-systeem is het mogelijk om in staande positie de bekkenbodem in beeld te brengen. Het doel van dit onderzoek is om een protocol op te stellen waarmee de bekkenbodem in zowel supine als staande positie in beeld kan worden gebracht en de klinische waarde van scannen in staande positie te onderzoeken.

Methode: Met behulp van een 0,25T MR-systeem is een protocol opgesteld bij gezonde medestudenten van 20-21 jaar. Dit protocol is vervolgens getest op een onderzoekspopulatie van vijf proefpersonen met een leeftijd van 45-55 jaar. De verkregen beelden zijn geanalyseerd door verschillende lijnen, afstanden en de anorectale hoek te bepalen, waarna verschillen tussen supine en staande positie werden geanalyseerd en statistisch getoetst met de one sample T-test. Daarnaast is gekeken naar de vorm en symmetrie van verschillende structuren.

Resultaten: Met behulp van een T2-gewogen FSE sequentie werden beelden verkregen die voldeden aan de criteria voor de beeldinformatie. De totale scantijd per positie bedroeg zestien minuten, waarbij zes minuten nodig waren voor voorbereiding en kalibratie. In drie van de vijf proefpersonen zijn geen coronale scans gemaakt in staande positie. Uit de statistische analyse bleek de lengte van de PCL en AP-lengte significant toe te nemen in staande positie (p < 0,05). Daarnaast namen afstanden van de PCL tot de blaashals en cervix significant af in staande positie (p < 0,05). Bij enkele proefpersonen had de m. puborectalis een convexe vorm in staande positie, terwijl deze in supine positie een V-vorm aannam.

Discussie en Conclusie: Tijdens het onderzoek is gebleken dat het opgestelde protocol verkort moet worden om een flauwte tijdens het scannen in staande positie te voorkomen. Daarnaast bleken niet alle planningslijnen optimaal te zijn neergezet. De resultaten in dit onderzoek laten een duidelijk verschil zien tussen scannen in supine en staande positie. Dit wijst erop dat scannen in staande positie mogelijk van klinische waarde is voor de diagnostiek van een bekkenbodemdysfunctie. Verder onderzoek is nodig om het protocol verder te optimaliseren, te kijken of deze toepasbaar is op een grotere onderzoekspopulatie en of dezelfde significante verschillen worden gevonden.

Kernwoorden: bekkenbodemdysfunctie, prolaps, laagveld MRI, staande positie, protocol.

Afkortingenlijst

AP-lengte	Anterieure-Posterieure lengte
BMI	Body Mass Index
FSE	Fast-Spin Echo
HASTE	Half-Acquisition Single-short Turbo spin-Echo
HYCE	Hybrid Contrast Enhancement
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
MR	Magnetic Resonance
MRI	Magnetic Resonance Imaging
PCL	PuboCoccygeale Lijn
SCIPP-lijn	SacroCoccygeal-joint-to-the-Inferior Pubic Point lijn
SE	Spin-Echo
SNR	Signal to Noise Ratio
SST1	Single-Shot T1-gewogen
SST2	Single-Shot T2-gewogen
TE	Echo Tijd
TR	Repetitie Tijd
trueFISP	true Fast-Imaging with Steady-state Precession

Inhoudsopgave

Dankwoord 2
Abstract 4
Afkortingenlijst
1. Inleiding
2. Achtergrond
2.1 Laagveld MRI
2.2 MRI-sequenties
2.3 Optimaal scannen
2.4 MRI-beeldanalyse13
3. Methode15
3.1 Materialen
3.2 Studieopzet15
3.3 Onderzoekspopulatie
3.4 Werkwijze
Deel 1
Deel 2
3.5 Dataverzameling en -verwerking
Transversaal Beeldvlak18
Sagittaal Beeldvlak19
Coronaal Beeldvlak19
Statistische analyse
4. Protocolontwikkeling
4.1 Sequentie kiezen
4.2 Sagittale beeldvlak20
4.3 Transversale beeldvlak21
4.4 Coronale beeldvlak21
4.5 Overige parameters21
4.6 Protocolinstellingen
5. Resultaten
5.1 Sagittaal Beeldvlak22
5.2 Transversaal Beeldvlak
5.3 Coronaal Beeldvlak26
6. Discussie
6.1 Beeldinformatie
6.2 Planningslijnen27
6.3 Meten van lijnen, afstanden en de anorectale hoek27

	6.4 Verschillen supine en staande positie: metingen	28
	6.5 Verschillen supine en staande positie: vorm en symmetrie	29
	6.6 Normaalwaarden	29
	6.7 Scantijd	29
	6.8 MR-spoel	29
	6.9 Toepasbaarheid van het protocol	30
	6.10 Aanzet tot vervolgonderzoek	30
7.	Conclusie	30
8.	Referentielijst	31
9.	Bijlage	35
	Bijlage 1: Mail potentiële proefpersonen	35
	Bijlage 2: Formulier 1_Informed consent MRI V2016.04.04	36
	Bijlage 3: Formulier 2_Screeningslijst voor een MRI onderzoek V2016.04.04	38
	Bijlage 4: Vragenlijst Bekkenbodemspier	39
	Bijlage 5: Protocol	40
	Bijlage 6: Lijnen, afstanden en de anorectale hoek in het sagittale beeldvlak	41
	Bijlage 7: Lijnen en afstanden in het transversale beeldvlak	42

1. Inleiding

Bekkenbodemdysfunctie is de overkoepelende term voor de vele aandoeningen aan de bekkenbodem, waaronder incontinentie en prolaps. Het is een veelvoorkomend probleem dat met de leeftijd kan ontstaan. Bij een prolaps zakken organen uit ten gevolge van een verzwakking van de bekkenbodemspieren. [1] Een vrouw heeft gedurende haar leven 30-50% kans op een anatomische prolaps van de bekkenorganen. Wanneer sprake is van een vaginale prolaps ondergaat 11-19% van de patiënten een chirurgische behandeling waarbij er een kans is van 30% op een recidief. [2–4] Urine-incontinentie komt bij 5-69% van de vrouwen voor in de leeftijd van 15-85 jaar en fecale incontinentie bij 11-15%. [5] De symptomen van bekkenbodemdysfuncties hebben een grote invloed op de kwaliteit van leven op fysiek, sociaal, psychologisch en seksueel gebied. [6–8]

De bekkenbodem bestaat uit spierweefsel, ligamenten en fascia en kan worden onderverdeeld in drie verschillende compartimenten. Het anterieure compartiment bevat de urineblaas en urethra, het middelste compartiment de uterus, cervix en vagina en het posterieure compartiment het rectum. [9] De bekkenbodem heeft verschillende functies waaronder het geven van controle over de lediging van de urineblaas en het rectum. Daarnaast speelt de bekkenbodem een rol bij de zwangerschap en geboorte en het ondersteunen van de bekkenorganen door ligamenten, fascia en het diafragma pelvis. [10,11] Het diafragma pelvis is een trechtervormige spierplaat, bestaande uit de m. (ischio)coccygeus en de m. levator ani. Beide spelen een belangrijke rol in het voorkomen van een prolaps door hun steunfunctie. De m. levator ani kan worden onderverdeeld in de m. puborectalis, m. pubococcygeus en m. iliococcygeus (zie figuur 1), waarbij de m. puborectalis een rol speelt in de fecale continentie doordat het een lus vormt rond de anorectale junctie. [11,12] Aan de anterieure zijde van het diafragma pelvis bevindt zich een opening: de hiatus urogenitale. Deze wordt afgesloten door het diafragma urogenitale welke openingen bevat voor de vagina en urethra. Superior van het diafragma urogenitalis is de externe urethrale sfincter te vinden, deze speelt een rol in de urinecontinentie. Door het behouden van een hogere druk in de urethra ten opzichte van de urineblaas, wordt continentie bereikt. [11-13] Bij de fecale continentie zijn de interne en externe anale sfincters betrokken. [10,14]



Figuur 1: Diafragma pelvis, bestaande uit de m. levator ani en de m. coccygeus [12]

De voornaamste risicofactoren voor het ontstaan van een bekkenbodemdysfunctie zijn leeftijd, menopauze, obesitas, zwangerschap en vaginale bevalling. [1,15,16] Met de leeftijd neemt de spiermassa, -tonus en elasticiteit van de bekkenbodemspieren af waardoor deze verzwakt raken. Hierdoor kunnen beschadigingen die eerder zijn ontstaan alsnog klachten geven op latere leeftijd. [1,16] De menopauze zorgt voor een afname in het oestrogeengehalte waardoor minder collageen en spiervezels worden gesynthetiseerd en de zenuwen die betrokken zijn bij de mictie worden aangedaan. Dit heeft invloed op de sterkte, elasticiteit en dichtheid van de bekkenbodemspier en het continentiemechanisme. [16,17] Obesitas, zwangerschap en een vaginale bevalling zorgen voor een verhoging van de intra-abdominale druk die de bekkenbodem vervolgens moet opvangen. De verhoogde druk kan ervoor zorgen dat spieren, bindweefsels en zenuwen beschadigen of scheuren. [16,18,19] Beschadiging van de bekkenbodem heeft grote gevolgen voor het functioneren van het lichaam. Als de bekkenbodem zijn steunfunctie verliest door verzwakking van de spieren of uitrekking van ligamenten en bindweefsels, kan een prolaps ontstaan. Er kan hierbij sprake zijn van een prolapsus uteri (verzakking van de uterus) of een prolapsus vaginae (verzakking van de vagina). Afhankelijk van welk orgaan verzakt in de wand van de vagina, is de prolapsus vaginae onder te verdelen in een cystokèle (verzakking van de urineblaas), urethrokèle (verzakking van de urethra), rectokèle (verzakking van het rectum) en een enterokèle (verzakking van de dunne darm). [1,18] De oorzaak van een verzwakking van de bekkenbodem is multifactorieel en bestaat voornamelijk uit factoren die voor een verhoogde intra-abdominale druk zorgen. [16,19] Wanneer de intra-abdominale druk hoger is dan de sluitingsdruk van de externe urethrale sfincter, kan urine-incontinentie ontstaan. [17,19] Fecale incontinentie is het gevolg van een niet goed werkende anale sfincter, een afgenomen gevoel in het rectum of een verzakking van het rectum. [19,20]

Ondanks dat bekkenbodemdysfunctie een veelvoorkomend probleem is, is er nog geen eenduidige diagnostiek beschikbaar. Optimale diagnostiek is van belang om na te gaan uit welk compartiment de klachten voortkomen, zodat een patiënt zo goed mogelijk kan worden behandeld met behulp van bekkenbodemtherapie, pessariumtherapie of chirurgie. [9,21] Op dit moment kunnen er voor de diagnostiek van bekkenbodempathologie verschillende beeldvormende technieken ingezet worden, waaronder fluoroscopie, echografie en magnetic resonance imaging (MRI). Fluoroscopie wordt momenteel gezien als de gouden standaard onder de beeldvormende technieken. [22] Het is een relatief goedkope techniek die zowel in staande als zittende positie kan worden uitgevoerd. [23] De nadelen van fluoroscopie zijn dat de patiënt wordt blootgesteld aan ioniserende straling, er geen afzonderlijke vlakken kunnen worden gevisualiseerd en de 3D-anatomie wordt weergegeven in 2D, waardoor anatomische structuren elkaar overlappen. [22,24] Met behulp van echografie kunnen onder andere de drie compartimenten van de bekkenbodem, de m. levator ani en de ligging van de organen ten opzichte van de bekkenbodem in beeld worden gebracht. [25,26] Echografie is goedkoop, kosteneffectief en snel beschikbaar. Daarentegen hangt de diagnostische waarde sterk af van de echografisch onderzoeker en kunnen anatomische structuren in elkaar worden gedrukt met de transducer. [25] MRI kan, in tegenstelling tot fluoroscopie, beelden construeren in afzonderlijke vlakken met een hoge temporele en zacht-weefsel resolutie. [23] Daarnaast kunnen de drie compartimenten in beeld worden gebracht. In vergelijking met echografie is MRI geschikter voor complexe diagnostische doeleinden, aangezien het nauwkeuriger en minder afhankelijk is van de onderzoeker. Bovendien is het comfortabeler voor de patiënt. [9,23,27] Statisch MR-onderzoek kan gedetailleerde informatie over de morfologie van de bekkenbodem opleveren, terwijl dynamisch MR-onderzoek informatie oplevert over functionele abnormaliteiten. [28] Op dit moment is het grootste nadeel van MRI dat het gebruikelijk in supine positie wordt uitgevoerd. [21] Hierdoor wordt het eventuele effect van zwaartekracht niet meegenomen en wordt de stand van de bekkenbodem waarin de klachten veelal voorkomen bij vrouwen met bekkenbodemdysfunctie niet nagebootst.

Er is onderzoek gedaan naar MR-onderzoek in staande positie om de stand van het lichaam na te bootsen waarin men klachten ondervindt. Het effect van de zwaartekracht op de bekkenbodemstructuren wordt op

deze manier meegenomen waardoor de detectie van prolapsen, rectale dysfuncties en afwijkingen van de zachte weefsels kunnen worden geoptimaliseerd. [29] Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat er merkbare verschillen zijn te detecteren wanneer de patiënt in supine, zittende en/of staande positie MRonderzoek onderging. Law et al. (2001) wees uit dat de bekkenorganen significant lager liggen in zittende positie dan in supine positie. De mate van uitzakking was hierbij groter bij multipara vrouwen dan bij nullipara vrouwen. Dit was ook het geval bij vrouwen met defecatieklachten en urine-incontinentie in vergelijking met asymptomatische vrouwen. [30] Uit Fielding et al. (1998) bleek dat bij incontinente vrouwen de blaashals significant lager lag in zittende positie ten opzichte van de supine positie. Bij continente vrouwen was dit verschil in mindere mate te zien. [31] Op basis van MRI-scans in supine en staande positie bleek uit Fiaschetti et al. (2011) dat de situatie van vrouwen die al eerder gediagnosticeerd zijn met een bekkenbodemdysfunctie vaak wordt onderschat in supine positie. Hierbij werd bij een aantal vrouwen een prolaps gemist of de ernst van de prolaps onderschat. [32] Een recent onderzoek van Friedman et al. (2015) heeft de invloed van supine, zittende en staande positie op de bekkenbodem onderzocht bij vrouwen met een prolaps. De afstand tussen het laagste punt van de urineblaas en de pubococcygeale lijn (PCL), de lijn tussen het os pubis en het laatste coccygeale gewricht, was significant toegenomen bij vrouwen met een prolaps in zittende en staande positie ten opzichte van de supine positie. Dit was niet het geval voor de controlegroep. Daarnaast werd de oppervlakte van de urineblaas onder de PCL bij vrouwen met een prolaps significant groter in staande positie ten opzichte van de supine positie. [33] Bovengenoemde onderzoeken werden uitgevoerd onder een klein aantal proefpersonen welke niet noodzakelijk representatief zijn voor de gehele populatie en dus is voorzichtigheid geboden bij generalisatie van de resultaten. Desondanks lijkt het in beeld brengen van de bekkenbodem in staande positie veelbelovend en is verder onderzoek van belang.

Het doel van dit onderzoek is om een protocol te ontwikkelen voor een statisch onderzoek in supine en staande positie die de bekkenbodemspier van vrouwen in beeld brengt met behulp van een 0.25T MR-systeem. Er kan vervolgens worden gekeken of scannen in staande positie van klinische waarde kan zijn bij het diagnosticeren van bekkenbodemdysfuncties. Het belang van het ontwikkelen van dit protocol is om een aanzet te geven voor verder onderzoek naar het maken van MRI-scans van de bekkenbodem in staande positie met behulp van een laagveld MR-systeem die gebruikt kan worden voor de gehele vrouwelijke populatie. De hoofdvraag van dit onderzoek is dan ook:

"Wat is het optimale protocol voor een statisch onderzoek naar de bekkenbodem bij vrouwen in staande en supine positie met een 0,25T MR-systeem?"

Voor het beantwoorden van de hoofdvraag zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Aan welke eisen moet een sequentie voldoen en met welke sequentie wordt de optimale beeldkwaliteit verkregen?
- Welke beeldvlakken moeten opgenomen worden in het protocol?
- Welke parameters zijn van toepassing en hoe moeten deze ingesteld worden?
- Wat zijn de verschillen tussen onderzoek in supine en staande positie en kan hiervoor hetzelfde protocol gehanteerd worden?
- Wat zijn de verschillen tussen nullipara en multipara vrouwen wat betreft de beeldinformatie en kan hiervoor hetzelfde protocol gehanteerd worden?
- Wat zijn de verschillen tussen de leeftijdscategorieën wat betreft de beeldinformatie en kan hiervoor hetzelfde protocol gehanteerd worden?
- Heeft de Body Mass Index (BMI) invloed op de beeldinformatie en kan voor vrouwen met een verschillend BMI hetzelfde protocol gehanteerd worden?

2. Achtergrond

2.1 Laagveld MRI

De bekkenbodem kan in staande positie in beeld worden gebracht met behulp van een laagveld MR-systeem met een permanente magneet. Momenteel wordt deze techniek toegepast voor het diagnosticeren van afwijkingen aan de lumbale wervelkolom, het knie- of heupgewricht. [32,33] In vergelijking met een hoogveld MR-systeem zijn er een aantal voor- en nadelen verbonden aan een laagveld MR-systeem. Een nadeel van een laagveld MR-systeem is dat de lage veldsterkte zorgt voor een lage signal to noise ratio (SNR). Om hiervoor te compenseren, is een langere scantijd vereist. [34–36] Voordelen van een laagveld MR-systeem zijn onder andere dat het relatief goedkoop is, er geen cryogenen zoals helium nodig zijn en bewegings- en metaalartefacten minder aanwezig zijn in het verkregen beeld. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van radiofrequente pulsen met een lagere energie waardoor het weefsel in mindere mate wordt opgewarmd. Bovendien wordt gebruik gemaakt van een open design waardoor sprake is van meer comfort voor de patiënt en het mogelijk is om onderzoek uit te voeren in staande positie. [34,37]

2.2 MRI-sequenties

Met behulp van MRI kan gedetailleerde informatie worden verkregen over de anatomie van de bekkenbodem. Voor het kiezen van een MRI-sequentie moet er aan bepaalde eisen worden voldaan. Ten eerste dient er gebruik gemaakt te worden van een kortdurende sequentie om een flauwte tijdens het scannen in staande positie te voorkomen. Uit Ten Harkel et al. (1993) waarin onderzoek werd gedaan naar flauwvallen bij gezonde mannen, bleek 23% flauw te vallen na 10-13 minuten staan. [38] Hansen et al. (2013) wees uit dat 13 van de 86 personen met lage rugpijn klachten flauwvielen tussen de 7-13 minuten. Na 13 minuten vielen nog eens drie personen flauw. [39] Hieruit is te concluderen dat een scan in staande positie ongeveer tien minuten mag duren. Ten tweede dienen de bekkenbodemspieren goed te kunnen worden onderscheiden van het omliggende weefsel. Dit kan worden bereikt door gebruik te maken van een T2gewogen sequentie. De bekkenbodemspier bestaat voor het grootste deel uit skeletspieren. Op een T1gewogen afbeelding is de signaalintensiteit van de skeletspieren een fractie hoger dan dat van water waardoor het onderscheid tussen beide slecht is te maken. Vet is daarentegen wel goed te onderscheiden van de skeletspieren door een hogere signaalintensiteit. Op een T2-gewogen afbeelding zijn zowel vet als water goed te onderscheiden van een skeletspier, doordat sprake is van een lagere signaalintensiteit van de skeletspieren. [40] De spier wordt in dat geval zwart afgebeeld en is goed te onderscheiden van omliggend weefsel. Daarnaast is de urineblaas goed te onderscheiden door de hoge signaalintensiteit van urine. [41]

Een bruikbare T2-gewogen sequentie is de fast-spin-echo (FSE). Hiermee kan de morfologie van de bekkenbodem worden beoordeeld in groot detail. [42] De voordelen van FSE ten opzichte van normale spinecho (SE) zijn een kortere scantijd, minder kans op bewegingsartefacten, een hogere resolutie en een hoge signaalintensiteit van vet. [43–45] Een andere optie is het gebruik van half-acquisition single-shot turbo spinecho (HASTE). Deze techniek staat gelijk aan de FSE, maar vult iets meer dan de helft van de k-ruimte op, waardoor een veel kortere scantijd verkregen wordt. [44] Aangezien HASTE niet beschikbaar is op het in dit onderzoek gebruikte MR-systeem, zal als alternatief een FSE met een lange echotrein worden gebruikt. Naast FSE en FSE met een lange echotrein kan hybrid contrast enhancement (HYCE), ook wel true fast-imaging with steady-state precession (trueFISP), worden gebruikt als sequentie om de bekkenbodem in beeld te brengen. Deze sequentie heeft een hoge SNR en levert beelden op in korte tijd. [46] Echter, het nadeel van HYCE in vergelijking met HASTE en FSE is dat het een minder zacht-weefsel contrast laat zien. [47]

2.3 Optimaal scannen

Graden: In een onderzoek van Tarantino et al. (2012) naar lage rugpijn werd gebruik gemaakt van een 0,25 T MR-systeem met de mogelijkheid het systeem te kantelen van 0 tot 90 graden. Om het onderzoek in staande positie uit te voeren, werd het systeem 82 graden gekanteld. [48]

Urineblaas: Om de bekkenbodemstructuren goed te kunnen beoordelen, is een matige vulling van de urineblaas vereist op het moment van scannen. [49] Een volle urineblaas kan bekkenbodemstructuren verduisteren. [9] Een matige vulling van de urineblaas verbetert daarentegen de zichtbaarheid op het verkregen beeld. Om een matige vulling te bereiken, wordt de persoon verzocht één uur voor het scannen te urineren. [50]

Flauwte: Het scannen in staande positie kan een flauwte bij de proefpersonen veroorzaken. Factoren die een flauwte kunnen voorkomen zijn het kruisen van de benen, aanspannen van de beenspieren en een adequate ademhaling. [39,51–53]

2.4 MRI-beeldanalyse

Met behulp van MRI kunnen de drie compartimenten van de bekkenbodem in beeld worden gebracht. De beelden worden in het sagittale, transversale en coronale beeldvlak geanalyseerd.

Sagittale beeldvlak

Voor de huidige diagnostiek van bekkenbodemdysfuncties worden gebruikelijk drie lijnen getrokken in het sagittale beeldvlak: de pubococcygeale lijn (PCL), M- en H-lijn (zie figuur 2). De PCL loopt in de normale situatie parallel aan de m. levator ani. [9] In dit onderzoek wordt de PCL getrokken van het inferieure deel van de symphysis pubica naar het laatste coccygeale gewricht. De H-lijn geeft de hoogte van de lus van de m. puborectalis aan en loopt van het inferieure deel van de symphysis pubica naar de anorectale junctie. De lengte van de

lijn geeft de lengte van de hiatus urogenitale in



Figuur 2: PCL, H- en M-lijn in het sagittale beeldvlak. [41]

anterieure-posterieure richting weer. Met behulp van de PCL en H-lijn kan vervolgens de M-lijn getekend worden, deze staat loodrecht op de PCL en loopt naar het distale uiteinde van de H-lijn. Zowel de H-lijn als



Figuur 3: Sagittale MRI-afbeelding in rust met de PCL en de afstand tot de uitgang van de urineblaas (1), vaginale vouwing (2) en de anorectale junctie (3). P: symphysis pubica, B: urineblaas, U: uterus, R: rectum. [75]

de M-lijn geven een indicatie voor een eventuele verzakking wanneer de lengte meer dan respectievelijk 5 cm en 2 cm bedraagt. [54]

Loodrecht op de PCL kunnen de afstanden naar verschillende organen bepaald worden (zie figuur 3). Hiermee kan een prolaps gediagnosticeerd en gespecificeerd worden. Men heeft te maken met een kleine prolaps wanneer de afstand naar het referentiepunt 1-3 cm onder de PCL ligt. Als het referentiepunt 3-6 cm onder de PCL ligt, is sprake van een milde prolaps. Een afstand van meer dan 6 cm betekent een ernstige prolaps. [23,55] De referentiepunten voor het middelste en posterieure anterieure, compartiment ziin respectievelijk het meest inferieure gedeelte van de urineblaas, de cervix of vaginale apex indien hysterectomie heeft plaatsgevonden en de anorectale junctie.

Naast bovengenoemde kan de anorectale hoek worden gemeten, deze hoek representeert de activiteit van de m. puborectalis. Bij fecale incontinentie is de hoek significant groter dan bij fecale continentie. In dit onderzoek wordt de anorectale hoek gemeten tussen de longitudinale as van het anale kanaal en de posterieure wand van het rectum (zie figuur 4). [56,57]

Transversale beeldvlak

In het transversale beeldvlak kunnen de urethrale sfincter, vagina en het rectum worden onderscheiden. [58] De vagina is normaliter vlindervormig en ligt gecentreerd in het bekken. Door verzwakking van de paravaginale ligamenten of prolaps van het middelste compartiment kan de vagina een asymmetrische vorm aannemen. [9] Ook is de m. puborectalis te zien in het transversale beeldvlak



Figuur 4: De anorectale hoek (ARA), anorectale junctie (ARJ), uterus (U), urineblaas (UB), wand die kan uitstulpen bij een rectokèle (R).[76]

welke een symmetrische V-vorm heeft in de fysiologische situatie (zie figuur 5). [59] Ten gevolge van een prolaps van het middelste compartiment kan de m. puborectalis een asymmetrische, convexe vorm aannemen. [9] Onderbrekingen van de m. puborectalis kunnen duiden op scheuren of atrofie en kunnen worden geassocieerd met een prolaps. [58,60] Naast het analyseren van bovengenoemde structuren kan de breedte en anterieure-posterieure lengte (AP-lengte) van de hiatus urogenitale worden bepaald (zie figuur 6). Een bredere hiatus kan hierbij duiden op een prolaps. [61] De AP-lengte van de hiatus urogenitale wordt gemeten van het inferieure deel van de symphysis pubica naar het binnenste deel van de lus van de m. puborectalis. [62] De breedte van de hiatus urogenitale wordt bepaald bij het breedste gedeelte aan de binnenzijde van de m. puborectalis. Daarnaast kan de dikte van de m. puborectalis worden. [41] De dikte aan de linker- en rechterzijde van de m. puborectalis wordt gemeten waar de m. puborectalis het dikst is, maar nog geen ronding volgt. Deze meetmethode is vergelijkbaar met de meetmethode die op dit moment gebruikelijk is bij 3D-echografie en lijkt sterk reproduceerbaar. [63,64]



Figuur 5: m. puborectalis in een V-vorm aangegeven met de witte pijlpunten in een transversaal beeldvlak [54]



Figuur 6: Het omlijnde gebied geeft de hiatus urogenitale weer met daarin de breedte en lengte van de hiatus urogenitale. Binnen de hiatus urogenitale zijn de urethra (U), vagina (V) en het rectum (R) te onderscheiden. [77]

Coronale beeldvlak

In het coronale beeldvlak kunnen de m. iliococcygeus, m. pubococcygeus en de puborectale spiervezels van de anale sfincter worden onderscheiden. Normaal gesproken heeft de m. iliococcygeus een opwaartse convexe vorm. [23] Ten gevolge van een prolapsus uteri of prolapsus vaginae kan de m. iliococcygeus een platte of neerwaartse convexe vorm laten zien (zie figuren 7 en 8). [41,65]



Figuur 7: m. iliococcygeus en m. pubococcygeus aangegeven met de witte pijlen in een coronaal beeldvlak. De puborectale spiervezels van de anale sfincter worden aangegeven met de zwarte pijpunten. De m. iliococcygeus laat een opwaartse convexe vorm zien. [54]



Figuur 8: De m. iliococcygeus (ICM) heeft in het coronale beeldvlak een neerwaartse convexe vorm.[78]

3. Methode

3.1 Materialen

In deze studie werd gebruik gemaakt van de G-scan Brio van Esaote (Genova, Italy). Dit is een laagveld MRsysteem van 0,25T met de mogelijkheid om het systeem te kantelen van 0 tot 90 graden. Daarnaast werd er gebruik gemaakt van de multichannel coil welke ontworpen was voor de wervelkolom. Deze multichannel coil heeft een omtrek van 127 cm. De proefpersonen droegen tijdens het scannen een OK-broek. Voor de beeldanalyse en statistische analyse werd gebruik gemaakt van RadiAnt (Medixant, 2016, RadiAnt DICOM Viewer, Versie 3.0.2., Poznan, Polen) en SPSS (IBM Corp., 2013, IBM SPSS Statistics for Windows, Versie 22.0, Armonk, NY).

3.2 Studieopzet

Het onderzoek betrof een pilotstudie met vijf vrouwelijke proefpersonen. Aangezien in dit onderzoek vijf proefpersonen werden geïncludeerd, was de Wet Medisch-Wetenschappelijk Onderzoek niet van toepassing. Het onderzoek heeft plaatsgevonden onder de noemer onderwijs. De Wet Bescherming Persoonsgegevens was wel van toepassing. Beelden werden dan ook anoniem opgeslagen.

3.3 Onderzoekspopulatie

De werving van de proefpersonen vond plaats in de nabije omgeving van de onderzoekers. Wanneer de persoon geïnteresseerd was, werd een mail gestuurd met meer informatie (zie bijlage 1). Een proefpersoon werd geëxcludeerd indien zij zwanger was of een heupomtrek had van 127 cm of meer. Exclusie vond ook plaats indien de proefpersoon één van de volgende materialen in het lichaam had: metaal(splinters), pacemaker, pacemakerdraden of defibrillator, nieuwe hartklep/aortaklep of stent, clips in de bloedvaten, geïmplanteerde magneten in de kaak, gehoorbeenprothese, blaasstimulator, insulinepompje, neurostimulator, baclofenpomp, tissue expander, oor- of oogimplantaten, spiraaltje, kunstheup implantaat of lichaamsvreemde materialen.

3.4 Werkwijze

Het onderzoek werd opgedeeld in twee delen. In het eerste deel werd de optimale sequentie bepaald door middel van het maken van MRI-scans van gezonde medestudenten van 20-21 jaar oud. Wanneer de juiste sequentie en instellingen waren gevonden, werd een protocol opgesteld. In het tweede deel werd nagegaan of dit protocol toepasbaar was op de onderzoekspopulatie.

Deel 1

In het eerste deel van dit onderzoek werden de verschillende sequenties getest, waaronder T2-gewogen FSE, FSE met lange echotrein en HYCE. De scantijd mocht hierbij niet langer dan 10 minuten zijn. Daarnaast zijn er criteria voor de beeldinformatie opgesteld waaraan het verkregen beeld moest voldoen, deze gelden voor zowel de supine als staande positie. De volgende structuren moesten te onderscheiden zijn:

- Sagittale beeldvlak
 - o Urineblaas, vagina, uterus, anorectale junctie en rectum
 - o Symphysis pubica, coccyx en het sacrococcygeale gewricht
- Transversale beeldvlak
 - o Urethra, vagina, rectum
 - M. puborectalis
 - Symphysis pubica
- Coronale beeldvlak
 - M. iliococcygeus, m. pubococcygeus, m. puborectalis

In "protocolontwikkeling" is beschreven hoe het protocol tot stand is gekomen en welke sequentie en instellingen uiteindelijk in deel 2 werden gebruikt.

Deel 2

In het tweede deel werd het opgestelde protocol getest op de onderzoekspopulatie. Het MR-systeem werd gereed gemaakt door de multichannel coil aan te sluiten waarna een mat en kussen op de MR-tafel werden gelegd om het comfort van de proefpersoon te vergroten. Vervolgens werd een nieuwe proefpersoon aangemaakt in het computersysteem. Alvorens het onderzoek startte, werd uitleg gegeven over de procedure van het onderzoek. De proefpersoon werd verzocht het informed consent formulier en de MRI-screeningslijst in te vullen, evenals een korte vragenlijst over leeftijd, gewicht, lengte, aantal bevallingen en wijze van bevalling (bijlage 2, 3, 4).

Een halfuur voor het scannen werd de proefpersoon verzocht te urineren om tijdens het scannen over een matige blaasvulling te beschikken. Vervolgens kon zij zich omkleden. Hiertoe werd de broek omgewisseld voor een OK-broek, werden de schoenen uitgetrokken en metalen voorwerpen (sieraden, sleutels, gehoorapparaat, etc.) verwijderd. De bovenkleding kon worden aangehouden. Na het omkleden werd gecontroleerd of alle metalen voorwerpen waren verwijderd.

De proefpersoon werd verzocht in supine positie in het MR-systeem te gaan liggen tot de spoel de heupen omvatte. Vervolgens werd een scout image gemaakt in het sagittale en coronale beeldvlak om de proefpersoon eventueel te herpositioneren. Op de sagittale scout image moesten de volgende structuren te zien zijn: lumbaal vijf met de overgang naar de sacrale wervelkolom, een deel van de onderste extremiteit en het os pubis (zie figuur 9).



Figuur 9: Sagittale scout image waarin: a: Lumbaal 5 met overgang naar de sacrale wervelkolom b: Bovenste deel van de onderste extremiteit c: Os pubis.

Daarnaast moest het gehele bekkengebied in beeld worden gebracht. Indien bovenstaande niet in beeld was, kon een kussen onder de rug worden geplaatst of kon de proefpersoon iets meer naar boven of beneden gaan liggen. Op de coronale scout image moest de bilnaad in het midden van het beeld liggen (zie figuur 10). Hiertoe kon de proefpersoon eventueel naar links of rechts schuiven. Het protocol werd vervolgens eerst in staande positie uitgevoerd en daarna in supine positie om een flauwte te voorkomen.

Om in staande positie te kunnen scannen, werd de proefpersoon vastgebonden met twee riemen in verband met de veiligheid. De ene riem werd ter hoogte van de bovenbenen gepositioneerd, de andere boven de borst om Figuur 10: Coronale scout image waarin: belemmering van een buikademhaling te voorkomen.



a: Bilnaad ligt in het midden

Vervolgens werd de voetenplank richting de voeten geschoven totdat de voeten in een hoek van 90 graden stonden ten opzichte van de onderbenen. Het MR-systeem werd gekanteld van 0 tot 81 graden waarna opnieuw scout images in het sagittale en coronale beeldvlak werden gemaakt en de proefpersoon eventueel werd geherpositioneerd.

Per beeldvlak werden planningslijnen bepaald in de scout images. Voor de scans in het transversale beeldvlak werd in supine positie gebruik gemaakt van de sacrococcygeal-joint-to-the-inferior pubic point lijn (SCIPPlijn). Deze lijn loopt van het sacrococcygeale gewricht naar het inferieure deel van het os pubis. Om dezelfde structuren in beeld te brengen in staande positie, moest deze lijn voor het scannen in staande positie iets worden afgevlakt. Hiertoe werd het laatste os coccygis gebruikt. De positie hiervan werd geschat aangezien deze niet goed te onderscheiden was in de scout image. Voor de scans in het sagittale en coronale beeldvlak konden dezelfde planningslijnen worden gebruikt in zowel staande als supine positie. In tabel 1 is per beeldvlak aangegeven welke scout image van belang was voor het bepalen van de planningslijnen en hoe deze planningslijnen getrokken moesten worden.

Beeld	Scout	Hoe de planningslijn trekken
Transversaal supine	Sagittaal	Middelste planningslijn: SCIPP-lijn
Transversaal stand	Sagittaal	De bovenste lijn gaat naar de laatste os coccygis. De middelste
		lijn door het inferieure deel van het os pubis.
Sagittaal supine	Coronaal	De buitenste twee lijnen omvatten de bilnaad.
Sagittaal stand	Coronaal	De buitenste twee lijnen omvatten de bilnaad.
Coronaal supine	Sagittaal	De meest linker planningslijn ligt dorsaal tegen de posterieure
		zijde van de lumbale wervelkolom.
Coronaal staand	Sagittaal	De meest linker planningslijn ligt dorsaal tegen de posterieure
		zijde van de lumbale wervelkolom.

Tabel 1: Plaatsing van de planningslijnen in het transversale, coronale en sagittale beeldvlak.

Om bewegingsartefacten in het transversale beeldvlak zoveel mogelijk te vermijden, werd eerst in dit beeldvlak gescand. Aangezien het sagittale beeldvlak meer klinische waarde heeft dan het coronale beeldvlak, werd vervolgens in het sagittale beeldvlak gescand waarna de scan in het coronale beeldvlak volgde. Tussen de scans door werd de proefpersoon verzocht de kuit- en dijbeenspieren aan te spannen om een flauwte tijdens het scannen te voorkomen. Er is niet gekozen om de benen te kruisen tijdens het scannen, aangezien de proefpersoon in dat geval minder comfortabel staat en waarschijnlijk minder goed stil kan staan waardoor bewegingsartefacten eerder kunnen optreden.

Nadat het protocol doorlopen was in staande positie, werd het MR-systeem teruggekanteld naar 0 graden. Opnieuw werden scout images in het sagittale en coronale beeldvlak gemaakt en kon de proefpersoon eventueel geherpositioneerd worden. Daarna werden de planningslijnen getrokken in de verschillende scout images (zie tabel 1) en werden de scans achtereenvolgens in het transversale, sagittale en coronale beeldvlak gemaakt. Nadat alle scans doorlopen waren, werd de proefpersoon uit het MR-systeem geholpen.

3.5 Dataverzameling en -verwerking

De verkregen data werd anoniem opgeslagen in het systeem met "last name: MDO16_Groep9, first name: ppx (x = 1,2,...,5)". In een apart document werd bijgehouden bij welk nummer de proefpersoon hoorde. Hieraan werden ook de volgende gegevens gekoppeld: leeftijd, gewicht, lengte, aantal bevallingen en wijze van bevalling.

De verkregen beelden werden ingeladen in RadiAnt en geanalyseerd in zowel supine als staande positie. In RadiAnt werd gebruik gemaakt van verschillende opties waaronder lijnen trekken, markeren van een bepaald punt, hoeken meten en lijnen dupliceren in alle plakken.

Transversaal Beeldvlak

In het transversale beeldvlak werd door drie verschillende onderzoekers de lengte en breedte van de hiatus urogenitale, evenals de dikte van de linker- en rechterzijde van de m. puborectalis bepaald. Gezamenlijk is afgesproken op welke manier deze lijnen en afstanden werden bepaald. De lengte van de hiatus urogenitale werd gemeten van het os pubis naar de binnenkant van de lus van de m. puborectalis. Hiertoe werd met behulp van de sagittale scan de transversale plak genomen waarin de doorsnedelijn in sagittaal door het

inferieure deel van het os pubis gaat. De doorsnedelijn is hierbij de lijn die aangeeft hoe de doorsnede is gemaakt. Het os pubis werd vervolgens in het transversale beeldvlak gemarkeerd en gedupliceerd in alle transversale plakken. Daarna werd met behulp van de sagittale scan de transversale plak genomen waarin de doorsnedelijn in sagittaal door de anorectale junctie gaat. De lus van de m. puborectalis was in dat geval te zien in het transversale beeldvlak waarna de AP-lengte kon worden bepaald. De gemeten lengte van de hiatus urogenitale hangt op deze manier minder af van hoe de doorsnedelijn de hiatus urogenitale doorsnijdt. Om de werkelijke AP-lengte nog meer te benaderen, werd gebruik gemaakt van de stelling van Pythagoras. Hiervoor werd een rechthoekige driehoek getekend (zie figuur 11). Om de werkelijke lengte te bepalen dient naast de gemeten lengte, zoals hierboven beschreven, ook de afstand tussen de twee gebruikte plakken bekend te zijn. Dit kan worden berekend met de plakdikte en het aantal plakken tussen de plak. De werkelijke lengte is dan als volgt te berekenen:



Figuur 11: Rechthoekige driehoek. De groene lijnen representeren de twee doorsnedevlakken waarop het os pubis en de lus van de m. puborectalis is bepaald. De gele lijn staat voor de afstand tussen deze twee vlakken. De onderste rode lijn representeert de gemeten AP-lengte. De bovenste, schuine rode lijn representeert de werkelijke APlengte.

Werkelijke AP-lengte = $\sqrt{(plakdikte x aantal plakken)^2 + (gemeten lengte hiatus urogenitale)^2}$

In dezelfde transversale plak waarin de AP-lengte werd gemeten, werd de symmetrie en vorm van de m. puborectalis beschreven. Daarnaast kon de breedte van de hiatus urogenitale en dikte van de m. puborectalis worden gemeten. Voor het bepalen van de breedte van de hiatus urogenitale werd het breedste gedeelte genomen aan de binnenzijde van de m. puborectalis. De dikte van de spier werd bepaald op het punt waar de m. puborectalis het breedste is en geen ronding volgt. Alle meetwaarden werden opgeschreven en de afbeelding werd opgeslagen indien latere controle nodig zou zijn. Tot slot werden alle transversale plakken nagegaan en werd de symmetrie, vorm en ligging van de vagina beschreven.

Sagittaal Beeldvlak

In het sagittale beeldvlak werden wederom door drie verschillende onderzoekers alle metingen gedaan nadat gezamenlijk was afgesproken op welke manier deze lijnen en afstanden werden bepaald. Eerst werd de plak bepaald waarin het best alle beeldinformatie uit te halen is. In deze plak werden vervolgens alle analyses uitgevoerd. Allereerst werd de anorectale hoek bepaald. Dit werd gedaan door het transversale beeld naast het sagittale beeld te zetten en de afbeelding te nemen waar de m. puborectalis een V-vorm heeft of zou moeten hebben. In dat geval ligt de posterieure anorectale junctie ongeveer op de doorsnedelijn in het sagittale beeld. Vervolgens werd een lijn getrokken langs de posterieure wand van het rectum en een lijn langs de longitudinale as van het anale kanaal. Het punt waarop de lijnen elkaar snijden is de anorectale junctie welke op of in de buurt ligt van de hiervoor bepaalde doorsnedelijn. Langs de getrokken lijnen werd de hoek bepaald. In de volgende analyse werd de PCL getrokken en loodrecht op de PCL de afstanden gemeten naar de blaashals, cervix of vaginale apex en de eerder bepaalde anorectale junctie. Vervolgens werden de H- en M-lijn getekend. De waarden van de anorectale hoek, afstanden tot de organen en lengtes van de PCL, H- en M-lijn werden opgeschreven en afbeeldingen opgeslagen.

Coronaal Beeldvlak

In het coronale beeldvlak werd met behulp van de sagittale scan de coronale plak genomen waarin de doorsnedelijn in sagittaal door de posterieure anorectale junctie gaat. In deze plak werd vervolgens de vorm, symmetrie, lengte en dikte van de m. iliococcygeus, m. pubococcygeus en m. puborectalis geanalyseerd en beschreven.

Aan het einde van de beeldanalyse zijn van elke proefpersoon de volgende afbeeldingen met bijbehorende diagnostische lijnen, hoeken, afstanden of diktes verkregen:

- Transversaal beeldvlak: één afbeelding supine en één afbeelding staand
 - Lengte en breedte hiatus urogenitale, dikte m. puborectalis
 - Sagittaal beeldvlak: drie afbeeldingen supine en drie afbeeldingen staand
 - Anorectale hoek
 - Afstanden van PCL naar de blaashals, cervix of vaginale apex en anorectale junctie
 - o PCL, H en M-lijn
- Coronaal beeldvlak: één afbeelding supine en één afbeelding staand
 - M. iliococcygeus, m. pubococcygeus en m. puborectalis. Er dient volledig door de musculi gescrold te kunnen worden.

Statistische analyse

_

De mate van overeenkomst tussen de drie beoordelaars werd met behulp van de 'Intraclass Correlation Coefficient' (ICC) bepaald in SPSS om te kijken of het meten van de lijnen, afstanden en de anorectale hoek reproduceerbaar is. Dit werd gedaan voor de waarden gemeten in het sagittale en transversale beeldvlak. Bij deze analyse is gekozen voor 'Two-Way Random' model en 'Absolute Agreement' met een betrouwbaarheidheidsinterval van 95%. In de tabel 'Intraclass Correlation Coefficient' werd vervolgens de waarde genomen die bij 'average measures' staat, aangezien er vanuit werd gegaan dat er geen sprake is van interactie tussen proefpersoon en beoordelaar. De analyse werd voor elk specifiek onderdeel apart uitgevoerd in zowel supine als staande positie. De ICC kan de waarde aannemen van 0 tot 1, met 1 staande voor een volledige overeenstemming. De mate van overeenstemming kan als volgt worden beoordeeld [66]:

ICC	< 0,4	slechte overeenstemming
ICC	0,4-0,59	redelijke overeenstemming
ICC	0,60-0,74	goede overeenstemming
ICC	> 0,75	uitstekende overeenstemming

Het gemiddelde van de drie metingen werd berekend en in een nieuwe tabel opgenomen. Vervolgens werd het verschil tussen supine en staande positie berekend waarbij de waarde in supine positie werd afgetrokken

van de waarde in staande positie. Per onderdeel werden de verschilwaarden ingevoerd in SPSS. Met behulp van een one sample T-test kon vervolgens worden gekeken of sprake is van een significant verschil. Hierbij is de volgende nulhypothese opgesteld: er is geen verschil in afstand wanneer de scans in supine en staande positie worden vergeleken. Er werd hierbij gebruik gemaakt van een 95%-betrouwbaarheidsinterval. Vervolgens werd de analyse uitgevoerd. In de tabel 'One-Sample Test' werd vervolgens de p-waarde overgenomen die te vinden was bij Sig. (2-tailed) evenals het 95%-betrouwbaarheidsinterval. Wanneer blijkt dat de p-waarde kleiner is dan 0,05, kan worden geconcludeerd dat er sprake is van een significant verschil.

4. Protocolontwikkeling

Om een protocol op te stellen werd gedurende drie dagdelen gescand op gezonde medestudenten van 20-21 jaar. De verkregen beelden moesten voldoen aan de criteria voor beeldinformatie zoals beschreven in 'Methode'. Daarnaast moest de scantijd rond de 10 minuten zijn. In eerste instantie is gezocht naar de beste sequentie waarna per beeldvlak werd geëxperimenteerd met verschillende MR-instellingen en het plaatsen van de planningslijnen om beelden te verkrijgen die het beste aan de eisen voldeden. Alle gewijzigde instellingen zijn getest op verschillende proefpersonen waardoor de kans groter is dat het protocol toepasbaar is op een grotere proefpersonenpopulatie.

4.1 Sequentie kiezen

Voor het bepalen van de beste sequentie werden de eerste scans uitgevoerd in het sagittale beeldvlak in supine positie. Hiertoe zijn de volgende sequenties met de volgende instellingen voor de TR (Repetitie Tijd) en TE (Echo Tijd) getest:

- FSE T2 (TR: 2850 ms, TE:100 ms, plakken: 9)
- 3D HYCE (TR: 10 ms TE: 5 ms, plakken: 245)
- 3D SST2 (TR: 20 ms, TE: 10 ms, plakken: 160)
- 3D SST1 (TR: 30 ms, TE: 15 ms, plakken: 190)

FSE T2 leverde beelden op met een goed zacht-weefsel contrast waardoor structuren goed van elkaar te onderscheiden waren. Bij 3D HYCE waren veel artefacten te zien en waren de darmen en uterus slechter van elkaar te onderscheiden dan bij FSE T2. 3D SST2 (Single-Shot T2-gewogen) liet een ruizig beeld zien met slecht zacht-weefsel contrast en veel artefacten. De contouren van de structuren waren bij 3D SST1 (Single-Shot T1-gewogen) slecht te onderscheiden doordat er een kleiner verschil in grijswaarden leek te zijn tussen de verschillende structuren in vergelijking met FSE T2. Na het vergelijken van de verkregen beelden bleek FSE T2 de beste beelden op te leveren. Er was een minimale verstoring door artefacten en het beeld voldeed aan alle criteria die vooraf aan de beeldinformatie zijn gesteld. Deze sequentie werd vervolgens getest en toegepast in alle beeldvlakken en verder geoptimaliseerd.

4.2 Sagittale beeldvlak

In het sagittale beeldvlak waren bij het testen van FSE T2 (TR: 2850 ms, TE: 100 ms, plakken: 9) al vele structuren zichtbaar. Het os pubis, de wervelkolom, urineblaas, uterus en darmen waren duidelijk te onderscheiden. De anorectale junctie en de coccyx waren nog niet in alle proefpersonen te zien. Om de scheiding tussen darmwand en bekkenbodemspier beter in beeld te krijgen, is gekozen om te scannen met 11 plakken van 3,0 mm in plaats van 9 plakken van 4,0 mm. Hierbij is geprobeerd om de scantijd kort te houden zonder beeldinformatie te verliezen. Na verschillende instellingen te hebben getest, is uiteindelijk gekozen voor een FSE T2 met een TR van 3480 ms, TE van 25 ms en 11 plakken. Zowel de coccyx als de anorectale junctie waren met deze instellingen goed te onderscheiden. Om de structuren in beeld te brengen, die volgens de beeldinformatie criteria te zien moeten zijn, moet het midden van het bekkenbodemgebied in beeld gebracht worden. Dit kan door de buitenste twee planningslijnen in de coronale scout image de bilnaad te laten bevatten. Deze kon voor zowel de supine als staande positie worden gebruikt.

4.3 Transversale beeldvlak

Ook in het transversale beeldvlak werd FSE T2 (TR: 2850 ms, TE: 100 ms, plakken: 9) getest. De afgrenzing van de m. puborectalis was moeilijk te onderscheiden van het omliggende weefsel en het rectum was niet altijd goed zichtbaar. Door met meer plakken te scannen en verschillende instellingen te testen, is dit geoptimaliseerd. Hieruit is uiteindelijk een FSE T2 gekomen met een TR van 2850 ms, TE van 25 ms en 11 plakken. In de staande positie waren bij meerdere personen bewegingsartefacten te zien. Om deze te vermijden kon de scantijd worden verkort of de fasecodering worden omgedraaid. De scantijd verkorten zou ten koste gaan van de beeldkwaliteit en het omdraaien van de fasecodering bleek na testen geen optie. Een bewegingsartefact zou in dat geval in het midden van het beeld kunnen komen te staan waardoor alle structuren in de hiatus urogenitale zeer slecht te onderscheiden zijn. Aangezien werd verwacht dat de proefpersoon in het begin makkelijker kan stilstaan, werd besloten de transversale scan als eerst uit te voeren. Dit bleek succesvol te zijn. Voor het bepalen van de planningslijnen in de sagittale scout image kreeg de PCL de voorkeur, aangezien de m. levator ani parallel aan de PCL loopt. De coccyx was echter niet zichtbaar op de scout image. Aangezien het sacrococcygeale gewricht goed te onderscheiden was, is gekozen voor de SCIPP-lijn. In supine positie werd met deze planningslijnen de m. puborectalis goed aangesneden, maar dit was niet het geval in staande positie. In staande positie werd de lijn daarom iets afgevlakt. De bovenste planningslijn loopt hierbij door het laatste os coccygis, welke wordt geschat in de scout image. De middelste lijn loopt door het inferieure deel van het os pubis.

4.4 Coronale beeldvlak

In het coronale beeldvlak is allereerst gescand met FSE T2 (TR : 4610 ms, TE: 100 ms, plakken: 14). Bij de eerste scans werden veel structuren in beeld gebracht die niet van belang waren voor de verdere beeldanalyse. Het aantal plakken waarmee werd gescand is daarom ook verminderd tot 9 plakken waardoor de scantijd aanzienlijk verkortte. Daarnaast werden verschillende instellingen getest om het onderscheid tussen spier en vet te verbeteren, zodat de spier duidelijk werd afgebeeld. Uiteindelijk is voor een FSE T2 met een TR van 3000 ms, TE van 25 ms en 9 plakken gekozen. Ook in dit beeldvlak bleek het bepalen van de planningslijnen lastig. Aangezien de m. puborectalis om de anorectale junctie heen loopt, had een planningslijn door dit punt de voorkeur. Op de sagittale scout image was deze echter niet goed te onderscheiden. In de sagittale scans was te zien dat de anorectale junctie in het verlengde lag van de posterieure zijde van de wervelkolom. In de scout image is de linker planningslijn dan ook langs de posterieure zijde van de wervelkom gezet. Zowel in supine als staande positie waren de m. iliococcygeus, m. pubococcygeus en m. puborectalis goed te onderscheiden en kon volledig door de spieren gescrold worden.

4.5 Overige parameters

Bij gezonde medestudenten van 20-21 jaar bleek de totale scantijd kort genoeg om het scannen in staande positie goed vol te houden. Tijdens het maken van de eerste scans bleek dat een uur urineren voordat het scannen startte, zorgde voor een volle blaasvulling. Een halfuur urineren voor het scannen volstond om een matige blaasvulling te bereiken.

4.6 Protocolinstellingen

In tabel 2 zijn alle instellingen van het MR-systeem voor de verschillende beeldvlakken terug te vinden. Voor elk beeldvlak wordt gebruik gemaakt van een T2-gewogen FSE sequentie. In bijlage 5 is het protocol opgenomen.

	Transversaal	Sagittaal	Coronaal
TE [ms]	25,0	25,0	25,0
TR [ms]	3480	3480	3000
Echo train length	10	10	10
Plakdikte [mm]	4,0	3,0	4,0
Aantal plakken	11	11	9
Speed up [%]	120	140	120
FOV [cm]	28 x 28	28 x 28	28 x 28
Oversampling [%]	Uit	200	200
No of averages	3	2	1
ACQ Resolutie [mm]	1,27 x 1,27	1,27 x 1,27	1,27 x 1,27
Rec Resolutie [mm]	0,55 x 0,55	0,55 x 0,55	0,55 x 0,55
Gap	0	0	0,5
Scantijd [min.]	3:56	3:56	2:06

Tabel 2: Instellingen van het MR-systeem voor supine en staande positie

5. Resultaten

In tabel 3 zijn de gegevens van de onderzoekspopulatie weergegeven. De onderzoekspopulatie had een gemiddelde leeftijd van 50 jaar en een BMI van gemiddeld 23,7 kg/m². De onderzoekspopulatie bevat twee nullipara en drie multipara vrouwen, waarbij de multipara vrouwen gemiddeld 3 keer waren bevallen.

Proefpersoon	1	2	3	4	5
Leeftijd [jaren]	52	46	45	54	55
BMI [kg/m²]	26,0	21,1	21,6	24,2	25,5
Aantal bevallingen	2	0	3	0	4

Tabel 3: Leeftijd, BMI en aantal bevallingen per proefpersoon

De scans van bijna alle proefpersonen in het sagittale, transversale en coronale beeldvlak voldeden aan de criteria wat betreft de beeldinformatie. Bij proefpersoon 3 kon in het coronale beeldvlak niet volledig door de m. levator ani worden gescrold. De vagina was in staande positie in het transversale beeldvlak niet te onderscheiden bij proefpersoon 4. Daarnaast was het rectum in supine positie niet te zien bij deze proefpersoon. Bij proefpersoon 5 was in het sagittale beeldvlak het sacrococcygeale gewricht niet te onderscheiden in zowel supine als staande positie. De overige resultaten konden per beeldvlak worden geanalyseerd.

5.1 Sagittaal Beeldvlak

In het sagittale beeldvlak zijn een aantal lijnen getrokken, afstanden bepaald en is de anorectale hoek gemeten. In bijlage 6 zijn afbeeldingen opgenomen die weergeven hoe deze lijnen en afstanden zijn bepaald en hoe de anorectale hoek is gemeten. In tabel 4 zijn de lengtes van de PCL, H- en M-lijn opgenomen. Tabel 5 geeft de afstanden van de blaashals, cervix en anorectale junctie tot de PCL weer. Negatieve waarden in tabel 4 en 5 geven aan dat het betreffende zich onder de PCL bevindt. In tabel 6 zijn de waarden van de anorectale hoek weergegeven.

	PCL [mm]		H-lijn [mm]		M-lijn [mm]	
	Supine	Staand	Supine	Staand	Supine	Staand
PP1	74,9	82,2	51,6	60,8	-6,7	-15,4
PP2	89,3	91,3	47,8	49,4	-1,7	-8,2
PP3	100,5	104,8	53,7	63,5	-8,9	-20,7
PP4	107,3	108,1	52,2	52,0	-5,3	-2,7
PP5	91,7	96,0	41,6	42,5	-7,1	-6,3

Tabel 4: Lengtes PCL, H- en M-lijn in het sagittale beeldvlak.

	PCL tot bla	PCL tot blaashals [mm]		PCL tot cervix [mm]		PCL tot anorectale junctie [mm]	
	Supine	Staand	Supine	Staand	Supine	Staand	
PP1	20,0	8,9	31,7	18,5	-8,9	-17,3	
PP2	30,53	20,0	17,2	8,2	-0,7	-8,6	
PP3	17,13	4,3	29,5	9,8	-11,5	-20,6	
PP4	20,23	14,0	37,1	30,8	-3,5	-1,0	
PP5	27.0	10.3	20.4	5.7	-9.1	-4.7	

Tabel 5: Afstanden van blaashals, cervix en anorectale junctie tot de PCL in het sagittale beeldvlak.

	Anorectale hoek [°]		
	Supine	Staand	
PP1	110,5	126,3	
PP2	101,1	89,9	
PP3	125,2	116,3	
PP4	107,5	95,0	
PP5	131,1	74,4	

Tabel 6: Anorectale hoek in het sagittale beeldvlak

Om te kijken of er sprake is van een significant verschil tussen supine en staande positie, is een one-sample T-test uitgevoerd met een betrouwbaarheidsinterval van 95%. In tabel 7 zijn de uitkomsten weergegeven van deze test. Uitgaande van een p-waarde van 0,05 volgt dat er een significant verschil is tussen supine en staande positie voor de lengte van de PCL en afstanden van de PCL tot de blaashals en cervix. De lengte van de PCL nam hierbij significant toe in staande positie (p = 0,029). In 95% van de gevallen wordt de PCL 0,64 tot 6,84 mm langer in staande positie ten opzichte van de supine positie. De afstand van de PCL tot de blaashals nam significant af in staande positie (p = 0,003) waarbij in 95% van de gevallen deze 6,733 tot 16,187 korter wordt in staande positie. De afstand van de PCL tot de cervix nam significant af in staande positie. De afstand van de PCL tot de cervix nam significant af in staande positie. De afstand van de PCL tot de cervix nam significant af in staande positie. De afstand van de PCL tot de cervix nam significant af in staande positie. De afstand van de PCL tot de cervix nam significant af in staande positie. De afstand van de PCL tot de cervix nam significant af in staande positie. De afstand van de PCL tot de cervix nam significant af in staande positie. De anorectale hoek en de overige lijnen en afstanden die zijn bepaald, verschilden niet significant (p > 0,05).

	P-waarde	95%	Significant	
	(tweezijdig)	Betrouwbaarheidsinterval		
		Onder [mm]	Boven [mm]	-
PCL	0,029	0,64	6,84	Ja
H-lijn	0,120	-1,74	10,26	Nee
M-lijn	0,163	-12,40	2,96	Nee
PCL tot Blaashals	0,003	-16,19	-6,73	Ja
PCL tot cervix	0,006	-19,03	-6,13	Ja
PCL tot anorectale junctie	0,277	-11,86	4,46	Nee
Anorectale hoek	0,278	-47,23	17,83	Nee

Tabel 7: One sample T-test met een 95% betrouwbaarheidsinterval en een testwaarde van 0

Om de mate van overeenstemming tussen de beoordelaars te bepalen, is de ICC bepaald. In tabel 8 zijn deze weergegeven voor de verschillende lijnen, afstanden en de anorectale hoek. De ICC-waarden variëren hierbij van 0,881 tot 0,999.

		Intraclass Correlation
		Coefficient (ICC)
Supine	PCL	0,996
	H-lijn	0,881
	M-lijn	0,911
	PCL tot blaashals	0,993
	PCL tot cervix	0,996
	PCL tot anorectale junctie	0,954
	Anorectale hoek	0,984
Staand	PCL	0,999
	H-lijn	0,981
	M-lijn	0,989
	PCL tot blaashals	0,987
	PCL tot cervix	0,997
	PCL tot anorectale junctie	0,996
	Anorectale hoek	0,975

Tabel 8: ICC voor de analyse in het sagittale beeldvlak

5.2 Transversaal Beeldvlak

In het transversale beeldvlak zijn de vorm en symmetrie van de m. puborectalis en de vagina bepaald, evenals de ligging van de vagina in het bekken. Bij vier van de vijf proefpersonen had de m. puborectalis in de supine positie een symmetrische V-vorm (zie figuur 12). Bij één proefpersonen had de spier een asymmetrische V-vorm. In staande positie hadden drie van de vijf proefpersonen een symmetrische V-vorm. Bij twee hiervan had deze een licht convexe vorm. Bij de overige twee proefpersonen was een convexe morfologie van de m. puborectalis te zien, waarvan één symmetrisch was. Bij de andere proefpersonen was een asymmetrische convexe morfologie van de m. puborectalis te zien (zie figuur 13). Bij de proefpersonen waren in zowel supine als staande positie geen onderbrekingen van de spier te zien.



Figuur 12: Transversale scan met symmetrische V-vormige m. puborectalis en een symmetrische vlindervormige vagina gecentreerd in het bekken



Figuur 13: Transversale scan met een asymmetrische convexvormige m. puborectalis en een asymmetrische vlindervormige vagina die niet gecentreerd in het bekken ligt.

De vagina heeft in supine positie bij alle proefpersonen een symmetrische vorm en ligt gecentreerd in het bekken. Bij vier van de vijf proefpersonen was een vlindervorm te herkennen (zie figuur 12). Bij één proefpersoon was deze minder goed te herkennen. In staande positie hadden drie van de vijf proefpersonen een symmetrische vagina die gecentreerd in het bekken lag. Twee proefpersonen hiervan hadden een vlindervormige vagina. Wederom was bij één proefpersoon deze vlindervorm minder goed te herkennen.

Van de overige twee proefpersonen was bij één de vagina niet te beoordelen. Bij de ander was een asymmetrische vlindervormige vagina te zien die niet gecentreerd in het bekken lag (zie figuur 13).

In het transversale beeldvlak zijn ook afstanden bepaald. In tabel 9 is de AP- lengte, de breedte van de hiatus urogenitale, en de diktes van de m. puborectalis links en rechts weergegeven voor zowel de supine als staande positie. In bijlage 7 is een afbeelding opgenomen die weergeeft hoe deze afstanden zijn bepaald. Tabel 10 geeft de uitkomst van de 'one sample T-test' weer met een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Hieruit volgt een significant verschil voor de AP-lengte (p = 0,004). In 95% van de gevallen werd de AP-lengte 2,65 tot 7,47 mm groter in staande positie ten opzichte van de supine positie. Voor de overige metingen is geen significant verschil gevonden.

	AP-lengte [mm]		Breedte hiatus urogenitale [mm]		Dikte m. puborectalis L [mm]		Dikte m. puborectalis R [mm]	
	Supine	Staand	Supine	Staand	Supine	Staand	Supine	Staand
PP1	60,5	68,7	39,7	41,5	6,7	4,4	6,3	5,0
PP2	51,4	55,7	24,6	26,7	8,5	7,8	7,4	9,3
PP3	60,0	65,6	43,9	43,2	7,0	9,9	6,2	10,2
PP4	58,4	62,1	26,0	28,8	6,1	8,9	6,8	9,2
PP5	47,4	50,9	25,8	31,3	8,0	7,7	7,0	7,4

Tabel 9: AP lengte, breedte van de hiatus urogenitale en de dikte van de m. puborectalis links (L) en rechts (R) in het transversale beeldvlak

	P-waarde (tweezijdig)		95% Betrouwbaarheidsinterval		
		Onder [mm]	Boven [mm]	-	
AP lengte	0,004	2,65	7,47	Ja	
Breedte Hiatus urogenitale	0,082	-0,46	5,06	Nee	
Dikte spier L	0,664	-2,36	3,32	Nee	
Dikte spier R	0,923	-3,35	3,11	Nee	

Tabel 10: One sample T-test met een betrouwbaarheidsinterval van 95% en een testwaarde van 0.

Ook voor de transversale metingen is de mate van overeenstemming tussen de beoordelaars bepaald met behulp van de ICC. In tabel 11 zijn de waarden opgenomen. De ICC-waarden variëren hierbij van -0,093 tot 0,992.

		Intraclass Correlation
		Coefficient (ICC) met 95%
		betrouwbaarheidsinterval
Supine	AP lengte	0,968
	Breedte	0,992
	Dikte spier L	0,639
	Dikte spier R	-0,093
Staand	AP lengte	0,988
	Breedte	0,990
	Dikte spier L	0,961
	Dikte spier R	0,959

Tabel 11: ICC voor de analyse van het transversale beeldvlak

5.3 Coronaal Beeldvlak

In het coronale beeldvlak is gekeken naar de opwaartse of neerwaartse convexe vorm van de m. iliococcygeus. In supine positie was er sprake van een opwaartse convexe vorm van de m. iliococcygeus in alle vijf de proefpersonen (zie figuur 14). In staande positie was het niet mogelijk om de spier volledig te bekijken en daarom zijn deze beelden niet geanalyseerd. In drie gevallen ontbreekt de scan in zijn geheel doordat de scan is afgebroken in verband met een dreigende flauwte. Om toch de verschillen tussen supine en staande positie in het coronale beeldvlak te analyseren, is er gekeken naar de coronale scans die zijn gemaakt tijdens de protocolontwikkeling op gezonde medestudenten van 20-21 jaar. Te zien is dat er sprake is van een verschil wat betreft de spieren in supine en staande positie. In supine positie is de m. puborectalis langer dan in staande positie (zie figuur 15).



Figuur 14: Coronale scan met de m. iliococcygeus, m. pubococcygeus, en de m. puborectalis. De witte pijlen geven de m. iliococcygeus aan met de opwaarste convexe vorm.



Figuur 15: Coronale scan in supine positie (links) en staande positie (rechts) van gezonde medestudenten van 20-21 jaar

6. Discussie

Het doel van dit onderzoek was om een protocol te ontwikkelen die de bekkenbodem in zowel supine als staande positie in beeld kan brengen. Daarnaast werd gekeken of het scannen in staande positie van klinische waarde kan zijn voor het diagnosticeren van bekkenbodemdysfuncties. Nadat het protocol is opgesteld, is deze getest op de onderzoekspopulatie. Op de verkregen beelden werden verschillende analyses uitgevoerd.

6.1 Beeldinformatie

De verkregen beelden van de proefpersonen in het sagittale, transversale en coronale beeldvlak voldeden bijna allen aan de criteria wat betreft de beeldinformatie. Bij een enkele proefpersoon was in het sagittale beeldvlak het sacrococcygeale gewricht niet te onderscheiden in zowel supine als staande positie. Bij deze proefpersoon waren de sacrale tussenwervels niet goed te onderscheiden door een artefact aan de dorsale zijde. Een mogelijke oplossing zou zijn om een extra kussen onder de proefpersoon te leggen zodat de wervelkolom meer ventraal in het beeld komt te liggen. Daarnaast kan gebruik worden gemaakt van saturatie banden. Deze kunnen ervoor zorgen dat het signaal van weefsel dat men niet in beeld wil hebben, wordt onderdrukt en daarbij het artefact in mindere mate zal optreden. [67]

In het transversale beeldvlak was bij een enkele proefpersoon in staande positie de vagina niet goed te onderscheiden doordat sprake was van een bewegingsartefact. Bewegingsartefacten zou men kunnen reduceren door de scantijd te verkorten waardoor de proefpersoon minder lang stil hoeft te staan en hierdoor het scannen beter kan volhouden. Bij dezelfde proefpersoon was in supine positie het rectum niet te onderscheiden. Dit komt waarschijnlijk doordat de m. levator ani en dus de hiatus urogenitale niet op de juiste manier was doorgesneden. Ook was er bij verschillende proefpersonen te zien dat in staande positie de hiatus urogenitale niet juist doorsneden werd. Hieruit blijkt dat de planningslijnen voor het transversale beeldvlak in zowel supine als staande positie nog niet optimaal zijn. Verder waren bij een enkele proefpersoon in het coronale beeldvlak de m. iliococcygeus, m. pubooccygeus en m. puborectalis niet volledig in beeld gebracht doordat niet in het juiste gedeelte van de bekkenbodem gescand is. Dit komt doordat hier de planningslijnen niet juist zijn neergezet. De planningslijnen voor het transversale en coronale beeldvlak kunnen dus nog geoptimaliseerd worden.

6.2 Planningslijnen

Er wordt aangeraden om de middelste planningslijn voor het transversale beeldvlak voor zowel supine als staande positie in het vervolg te trekken van het inferieure deel van het os pubis naar de anorectale junctie. De m. puborectalis ligt als een lus om de anorectale junctie, waardoor wordt verwacht dat de hiatus urogenitale zo op de juiste manier wordt doorgesneden. Aangezien de anorectale junctie niet zichtbaar is op een sagittale scout image, kan een sagittale localizer uitkomst bieden.

In het coronale beeldvlak wordt aangeraden de meest linker planningslijn niet meer tegen de posterieure zijde van de wervelkolom te plaatsen in de sagittale scout image. De anorectale junctie bleek bij oudere vrouwen niet in het verlengde van de wervelkolom te liggen, wat bij jongere vrouwen wel het geval was. In het vervolg kan de middelste planningslijn verticaal door de anorectale junctie worden gezet. Ook hiervoor dient een sagittale localizer ingezet te worden. De verwachting is dat op deze manier het juiste gedeelte van de bekkenbodem in beeld wordt gebracht.

6.3 Meten van lijnen, afstanden en de anorectale hoek

In de verkregen beelden zijn door drie verschillende beoordelaars de lengtes, afstanden en de anorectale hoek gemeten voor elk afzonderlijk beeldvlak. De mate van overeenkomst is vervolgens bepaald met behulp van de ICC. Uit de verkregen ICC-waarden is te concluderen dat er vaak sprake is van een uitstekende overeenstemming (ICC > 0,75), met uitzondering van de dikte van de linker- en rechterzijde van de m. puborectalis in supine positie. Bijna alle metingen zijn daarom reproduceerbaar. Er was sprake van een goede overeenstemming over de dikte van de linkerzijde van de m. puborectalis (ICC = 0,639). Voor de dikte van de rechterzijde van de m. puborectalis werd een negatieve waarde verkregen (ICC = -0,093). Om hier een conclusie aan te verbinden, mag worden aangenomen dat deze waarde gelijk staat aan nul. [66] Hieruit blijkt dat er sprake was van een slechte overeenstemming (ICC < 0,4). De waarden van de ICC voor de dikte van de linker- en rechterzijde van de m. puborectalis in staande positie waren hoger dan de waarden van de ICC in supine positie. Dit berust waarschijnlijk op toeval, mede doordat er sprake is van een kleine onderzoekspopulatie en het gaat om het meten van kleine afstanden die daardoor erg gevoelig zijn voor variatie. Daarnaast kan de vorm van de m. puborectalis een rol spelen. Vooraf is de afspraak gemaakt de dikte van de m. puborectalis te meten waar er geen sprake is van een ronding. In supine positie was er een groter gebied waarin de dikte van de m. puborectalis kon worden gemeten dan in staande positie. Hierdoor kan in supine positie meer variatie ontstaan in de diktebepalingen tussen de beoordelaars. Een oplossing zou zijn om automatisch het dikste punt van de m. puborectalis te bepalen.

6.4 Verschillen supine en staande positie: metingen

De verschillende metingen in supine en staande positie werden met elkaar vergeleken en statistisch geanalyseerd om te kijken of er sprake is van significante verschillen tussen beide posities. De lengte van de PCL, afstand vanaf de PCL tot de blaashals en cervix en AP-lengte bleken hierbij significant te verschillen (p < 0,05).

Een significante toename van de lengte van de PCL in staande positie kan verklaard worden door beweging van de coccyx. Deze beweging is mogelijk doordat de m. levator ani aanhecht bij de coccyx. Een verhoging van de intra-abdominale druk, bijvoorbeeld tijdens het persen, wordt door de m. levator ani opgevangen door te contraheren. Hierdoor verkort de spier en beweegt de coccyx in ventrale en craniale richting. [10,68] In staande positie is de intra-abdominale druk hoger ten opzichte van de supine positie waardoor de spier zal contraheren en de coccyx zal bewegen. [69,70] Een significante afname van de afstanden van de PCL tot de blaashals en cervix in de staande positie kan worden verklaard doordat de bekkenorganen een neerwaartse kracht uitoefenen op de bekkenbodem ten gevolge van de zwaartekracht in staande positie. [71] Verder is in staande positie sprake van een significante toename van de AP-lengte. Deze verandering kan het gevolg zijn van een verhoging van de intra-abdominale druk en de neerwaartse kracht die de bekkenorganen uitoefenen op de bekkenbodem door de zwaartekracht in staande positie. [69,71] Bij een grote intra-abdominale druk contraheren de bekkenbodemspieren. [70] Contractie zal naar verwachting zorgen voor een kleinere AP-lengte, maar doordat de organen een neerwaartse kracht uitoefenen, wordt de m. levator ani opgerekt. De theorie is dat de spier het effect van de oprekking niet volledig tegen kan gaan door te contraheren. De AP-lengte neemt hierdoor toe. De verwachting is dat bij een verzwakking van de m. levator ani de AP-lengte nog groter wordt. Uit deze theorie is te verwachten dat de breedte van de hiatus urogenitale eveneens zal toenemen. Uit de statistische analyse is gebleken dat het verschil in de breedte van de hiatus urogenitale tussen staande en supine positie echter net niet significant was (p = 0,082).

De overige gemeten waarden bleken niet significant te verschillen (p > 0.05) wanneer supine en staande positie met elkaar werden vergeleken. Aangezien de AP-lengte significant toeneemt in staande positie, zou men hetzelfde verwachten voor de H-lijn. Beide lijnen meten namelijk de lengte van de hiatus urogenitale in anterieure-posterieure richting. De H-lijn verschilde echter niet significant in supine en staande positie. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de H-lijn niet naar hetzelfde punt van de lus van de m. puborectalis is getrokken als de AP-lengte omdat deze in een ander beeldvlak getrokken wordt. Het verschil in lengte van de M-lijn tussen supine en staande positie is niet significant. Dit kan verklaard worden doordat de H-lijn ook niet significant verschilt, aangezien de manier waarop de H-lijn getrokken wordt, invloed heeft op de lengte van de M-lijn. Daarnaast is er geen significant verschil voor de anorectale hoek gevonden. Verwacht wordt dat de mate van darmvulling effect heeft op de mate van verandering van de anorectale hoek tussen staande en supine positie. In staande positie heeft de darmvulling meer effect op de anorectale hoek dan in de supine positie. Meer darmvulling zou leiden tot een verhoogde druk in staande positie, waardoor de m. puborectalis sterker contraheert en de anorectale hoek kleiner wordt. [72] Doordat in dit onderzoek geen gebruik is gemaakt van een bepaalde hoeveelheid darmvulling, is er waarschijnlijk daarom geen significant verschil gevonden voor de anorectale hoek tussen supine en staande positie. Voor vervolgonderzoek wordt daarom aangeraden na te gaan of darmvulling invloed heeft op de (verandering van de) anorectale hoek. Ook de afstand van de PCL tot de anorectale junctie bleek niet significant. In eerste instantie werd verwacht dat de anorectale junctie in staande positie lager zou liggen dan in supine positie ten gevolge van de zwaartekracht. Door de verhoogde intra-abdominale druk in staande positie zal de m. puborectalis echter contraheren waardoor de anorectale junctie omhoog getrokken wordt en het effect van de zwaartekracht wordt opgeheven. [73] De verwachting is dat bij een verzwakking van de m. puborectalis de afstand van de PCL tot de anorectale junctie in staande positie wel zal toenemen ten gevolge van de zwaartekracht. Tot slot is er geen significant verschil tussen supine en staande positie gemeten voor de dikte van de m. puborectalis in het transversale beeldvlak. Een reden hiervoor is dat de ICC niet optimaal was voor het bepalen van deze diktes.

6.5 Verschillen supine en staande positie: vorm en symmetrie

In het transversale beeldvlak is de vorm en symmetrie van de m. puborectalis bepaald in zowel supine als staande positie. Bij twee van de drie multipara vrouwen nam de m. puborectalis een V-vorm aan in supine positie, terwijl de m. puborectalis een convexe vorm aannam in staande positie. De m. puborectalis heeft in de fysiologische situatie een V-vorm, terwijl een convexe vorm kan duiden op een prolaps. [9] Een verklaring voor het feit dat de convexe vorm alleen in staande positie aanwezig was, is dat er in staande positie een verhoogde druk op de bekkenbodem wordt uitgeoefend ten gevolge van de zwaartekracht. Door een eventuele verzwakking van de m. puborectalis kan deze de verhoogde druk niet aan, waardoor de m. puborectalis een convexe vorm aanneemt. Dit zou er op kunnen wijzen dat een prolaps zich eerder uit in staande positie dan in supine positie.

Wanneer gekeken wordt naar de verschillen in vorm van de m. levator ani in het coronale beeldvlak bij gezonde medestudenten van 20-21 jaar, viel op dat de spier korter werd in staande positie ten opzichte van de supine positie. Er wordt gedacht dat dit komt door een toename van de intra-abdominale druk in staande positie waardoor de m. levator ani contraheert en verkort. [69,70] Aangezien deze scans niet bij de gehele onderzoekspopulatie geanalyseerd konden worden, is nader onderzoek nodig of dit ook het geval is voor oudere vrouwen.

6.6 Normaalwaarden

Aangezien de afstanden van de PCL tot de blaashals en cervix en de AP-lengte significant verschillen tussen supine en staande positie, wordt verwacht dat de normaalwaarden voor de lengtes, afstanden en de anorectale hoek in supine positie niet kunnen worden gebruikt voor diagnostiek in staande positie. Daarom wordt aangeraden nieuwe normaalwaarden te bepalen voor de staande positie. Daarnaast wordt aangeraden nieuwe normaalwaarden te bepalen voor de dikte van de m. puborectalis voor zowel supine als staande positie. De huidige normaalwaarden zijn namelijk bepaald met een hogere veldsterkte, waardoor de rechterzijde van de m. puborectalis dunner is dan de linkerzijde van de m. puborectalis vanwege het zogenaamde chemical shift artefact. [23] In dit onderzoek is getest of er bij een laagveld MR-systeem van 0,25T ook het chemical shift artefact optrad. Dit bleek niet het geval. Een verklaring hiervoor is dat dit artefact niet zal optreden door de lagere veldsterkte. [74]

6.7 Scantijd

Ondanks de maatregelen die zijn genomen om een flauwte te voorkomen tijdens het scannen in staande positie, bleek de scantijd voor drie van vijf proefpersonen te lang te zijn. Bij deze proefpersonen was sprake van een dreigende flauwte na 12-14 minuten scannen waarna de scan werd afgebroken. Het gevolg is dat er geen coronale scans in staande positie beschikbaar zijn van deze proefpersonen. De duur van de scans was in totaal 10 minuten waarbij nog eens 6 minuten nodig waren om scout images te maken, de proefpersoon eventueel te herpositioneren en de kalibratie uit te voeren. In totaal stond een proefpersoon dan ook 16 minuten in het MR-systeem. Het is aan te raden de totale scantijd te verkorten naar maximaal 10-12 minuten zodat alle scans in de verschillende beeldvlakken uitgevoerd kunnen worden.

6.8 MR-spoel

Tijdens dit onderzoek is gebruik gemaakt van een multichannel coil welke ontworpen was voor de wervelkolom. Deze multichannel coil had een omtrek van 127 cm. Aangezien obesitas een risicofactor is voor het ontstaan van een prolaps, zal een afweging gemaakt moeten worden om een nieuwe spoel te ontwikkelen met een grotere omtrek. Op deze manier kunnen ook proefpersonen met een hogere BMI een MRI-scan ondergaan.

6.9 Toepasbaarheid van het protocol

Bij het concluderen of het opgestelde protocol voor diagnostiek gebruikt kan worden en of een staande MRIscan van klinisch belang kan zijn, moet in acht worden genomen dat dit onderzoek is uitgevoerd onder een kleine onderzoekspopulatie. De onderzoekspopulatie is niet noodzakelijk representatief voor de gehele populatie. De ranges wat betreft leeftijd en BMI zijn beperkt en het aantal nullipara en multipara vrouwen is gering. Verder onderzoek is nodig om het protocol te optimaliseren en om te kijken of het protocol toepasbaar is bij een grotere onderzoekspopulatie.

6.10 Aanzet tot vervolgonderzoek

Dit onderzoek laat zien dat scannen in staande positie mogelijk klinische waarde heeft voor de diagnostiek van bekkenbodemdysfuncties, aangezien er sprake was van een aantal significante verschillen tussen supine en staande positie. Onderzoek met een grotere onderzoekspopulatie zal moeten uitwijzen of dezelfde significante verschillen tussen supine en staande positie op de MR-beelden te zien zijn. Op deze manier kan worden gekeken of scannen in staande positie een bijdrage kan leveren aan het diagnosticeren van bekkenbodemdysfuncties. De verwachting is dat er in een eerder stadium gediagnosticeerd kan worden, aangezien de stand van de bekkenbodem waarin men de meeste klachten ondervindt, wordt nagebootst. Doordat men in staande positie scant, wordt er ook verwacht dat er minder sprake zal zijn van onderdiagnose.

7. Conclusie

Het ontwikkelde protocol is gedeeltelijk toepasbaar bij zowel nullipara als multipara vrouwen in de leeftijd van 45-55 jaar met een BMI van 21,1-26 kg/m². Met het protocol worden de gewenste beelden in het sagittale en transversale beeldvlak verkregen, dit geldt echter niet voor het coronale beeldvlak. Voor staande en supine positie kunnen dezelfde MR-instellingen en planningslijnen worden gebruikt, op de planningslijnen in het transversale beeldvlak na. Wanneer supine en staande positie worden vergeleken, is sprake van een significante toename van de lengte van de PCL en AP-lengte in staande positie. Daarnaast nemen de afstanden van de PCL tot de blaashals en cervix significant af in staande positie. Tot slot had de m. puborectalis bij enkele proefpersonen een convexe vorm in staande positie potentieel klinische waarde heeft voor de diagnostiek van bekkenbodemdysfuncties. Meer onderzoek is nodig om het protocol verder te optimaliseren, te kijken of deze toepasbaar is op een grotere onderzoekspopulatie en of dezelfde significante verschillen worden gevonden.

8. Referentielijst

- [1] Pooler C. Disorder of Genitourinary and Repdroductive Function. Porth Pathophysiology: Concepts of Altered Health States, Lippincott Williams & Wilkins; 2009, p. 1102–4.
- [2] Sarma S, Ying T, Moore K. Long-term vaginal ring pessary use: discontinuation rates and adverse events. BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology 2009;116:1715–21. doi:10.1111/j.1471-0528.2009.02380.x.
- [3] Nederlandse Vereniging voor Obstetrie en Gynaecologie (NVOG). Richtlijn Prolaps. NVOG 2014. http://nvog-documenten.nl/uploaded/docs/Definitieve richtlijn Prolaps 2014.pdf (accessed April 28, 2016).
- [4] Samuelsson EC, Arne Victor FT, Tibblin G, Svärdsudd KF. Signs of genital prolapse in a Swedish population of women 20 to 59 years of age and possible related factors. American Journal of Obstetrics and Gynecology 1999;180:299–305. doi:10.1016/S0002-9378(99)70203-6.
- [5] Schmidt HG. Chapter 1: General Introduction and Study aims. Pelvic Floor Function and Dysfunction in a General Female Population, LEMMA; 2009, p. 13.
- [6] van der Vaart CH, de Leeuw JRJ, Roovers JPWR, Heintz APM. De Invloed van urine-incontinentie op de kwaliteit van leven bij thuiswonende Nederlandse vrouwen van 45-70 jaar. Nederlands Tijdschrift Voor Geneeskunde 2000;144.
- [7] Jelovsek JE, Barber MD. Women seeking treatment for advanced pelvic organ prolapse have decreased body image and quality of life. American Journal of Obstetrics and Gynecology 2006;194:1455–61. doi:10.1016/j.ajog.2006.01.060.
- [8] Digesu GA, Khullar V, Cardozo L, Robinson D, Salvatore S. P-QOL: a validated questionnaire to assess the symptoms and quality of life of women with urogenital prolapse. International Urogynecology Journal 2005;16:176–81. doi:10.1007/s00192-004-1225-x.
- [9] Law YM, Fielding JR. MRI of Pelvic Floor Dysfunction: Review. American Journal of Roentgenology 2008;191. doi:10.2214/AJR.07.7096.
- [10] Raizada V, Mittal RK. Pelvic floor anatomy and applied physiology. Gastroenterology Clinics of North America 2008;37:493–509, vii. doi:10.1016/j.gtc.2008.06.003.
- [11] Ashtom-Miller JA, Delancey JOL. Functional Anatomy of the Female Pelvic Floor. Annals of the New York Academy of Sciences 2007;1101:266–96. doi:10.1196/annals.1389.034.
- [12] Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. H3 Pelvis and Perineum. Clinically Oriented Anatomy. 7th ed., Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins; 2013, p. 327–434.
- [13] Bosch JLHR, Prins A. Functionele Anatomie van Blaas en Urethra. Urologie, Bohn Stafleu van Loghum; 2004.
- [14] bharucha AE. Pelvic floor: anatomy and function. Neurogastroenterology and Motility 2006;18:507– 19. doi:10.1111/j.1365-2982.2006.00803.x.
- [15] Mannella P, Palla G, Bellini M, Simoncini T. The female pelvic floor through midlife and aging. Maturitas 2013;76:230–4. doi:10.1016/j.maturitas.2013.08.008.
- [16] Palm SJ. Pelvic Organ Prolapse: The Silent Epidemic, New York: Strategic Book Publishing; 2012, p. 1–
 19.
- [17] Sangsawang B. Risk factors for the development of stress urinary incontinence during pregnancy in primigravidae: a review of the literature. European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology 2014;178:27–34. doi:10.1016/j.ejogrb.2014.04.010.
- [18] Merck. Merck Manual Bekkenbodemaandoeningen. Merck Research Laboratories 2003.
- [19] Lescher PJ. Female and Male Reproductive System Conditions. Pathology for the Physical Therapist Assistant, F.A. Davis; 2011, p. 481–3.
- [20] Janszen E, Kluivers K, Nienhuis S, Weemhoff M, Broekman B. NVOG Voorlichtingsbrochure Bekkenbodemklachten bij Vrouwen. Nederlandse Vereniging Voor Obstetrie En Gynaecologie (NVOG) 2009.
- [21] Nederlandse Vereniging voor Obstetrie en Gynaecologie (NVOG). Gynaecologische anamnese en onderzoek bij prolaps 2012.
- [22] Baert AL, Sartor K. Ch4 Imaging Techniques (Technique and Normal Parameters). Imaging Pelvic Floor Disorders, Springer Science & Business Media; 2013.
- [23] Woodfield CA, Krishnamoorthy S, Hampton BS, Brody JM. Imaging Pelvic Floor Disorders: Trend

Toward Comprehensive MRI. American Journal of Roentgenology 2010;194:1640–9. doi:10.2214/AJR.09.3670.

- [24] Chowdhury R, Wilson I. Radiology Physics. Radiology at a Glance, John Wiley & Sons; 2010, p. 10–20.
- [25] Dietz HP. Pelvic Floor Ultrasound: a review. American Journal of Obstetrics and Gynecology 2010;202:321–34. doi:10.1016/j.ajog.2009.08.018.
- [26] Starck M. Clinical Uses of Pelvic Floor Ultrasound. BK Ultrasound n.d. http://bkultrasound.com/filedepot_download/595/7 (accessed April 27, 2016).
- [27] Soljanik I, Brocker K, Solyanik O, Stief CG, Anding R, Kirschner-Hermanns R. Imaging for urinary incontinence. Der Urologe Ausg A 2015;54:963–71. doi:10.1007/s00120-015-3872-6.
- [28] Weishaupt D, Reiner CS. Ch 11 Technical Innovations in Magnetic Resonance Imaging of the Pelvic Floor. Pelvic Floor Disorders: Imaging and Multidisciplinary Approach to Management, Springer Science & Business Media; 2010.
- [29] Bartram CI, DeLancey JOL. Imaging Pelvic Floor Disorders. Springer Science & Business Media; 2013.
- [30] Law PA, Danin JC, Lamb GM, Regan L, Darzi A, Gedroyc WM. Dynamic imaging of the pelvic floor using an open-configuration magnetic resonance scanner. Journal of Magnetic Resonance Imaging : JMRI 2001;13:923–9.
- [31] Fielding JR, Griffiths DJ, Versi E, Mulkern R V, Lee ML, Jolesz FA. MR imaging of pelvic floor continence mechanisms in the supine and sitting positions. American Journal of Roentgenology 1998;171:1607–10. doi:10.2214/ajr.171.6.9843296.
- [32] Fiaschetti V, Squillaci E, Pastorelli D, Rascioni M, Funel V, Salimbeni C, et al. Dynamic MR defecography with an open-configuration, low-field, tilting MR system in patients with pelvic floor disorders. La Radiologia Medica 2011;116:620–33. doi:10.1007/s11547-011-0660-2.
- [33] Friedman B, Stothers L, Lazare D, Macnab A. Positional pelvic organ prolapse (POP) evaluation using open, weight-bearing magnetic resonance imaging (MRI). Canadian Urological Association 2015;9:197–201. doi:10.5489/cuaj.2767.
- [34] Klein H-M. Introduction. Clinical Low Field Strength Magnetic Resonance Imaging: A Practical Guide to Accessible MRI, Springer; 2015, p. 5–6.
- [35] Kramme R, Hoffmann K-P, Pozos R. Magnetic Resonance Imaging. Springer Handbook of Medical Technology, Springer Science & Business Media; 2011, p. 442.
- [36] Westbrook C. Ch 51 Magnets. MRI at a Glance. 3rd ed., John Wiley & Sons; 2015, p. 103.
- [37] Baert AL, Knauth M, Sartor K. Ch7 Cervical Center. MRI and CT of the Female Pelvis, Springer Berlin Heidelberg; 2007, p. 138.
- [38] ten Harkel ADJ, van Lieshout JJ, Karemaker JM, Wieling W. Differences in circulatory control in normal subjects who faint and who do not faint during orthostatic stress. Clinical Autonomic Research 1993;3:117–24. doi:10.1007/BF01818996.
- [39] Hansen BB, Bouert R, Bliddal H, Christensen R, Bendix T, Christensen A, et al. External pneumatic compression device prevents fainting in standing weight-bearing MRI: a cohort study. Skeletal Radiology 2013;42:1437–42. doi:10.1007/s00256-013-1688-2.
- [40] May DA, Disler DG, Jones EA, Balkissoon AA, Manaster BJ. Abnormal Signal Intensity in Skeletal Muscle at MR Imaging: Patterns, Pearls, and Pitfalls. RadioGraphics 2000;20:295–315. doi:10.1148/radiographics.20.suppl_1.g00oc18s295.
- [41] Fielding JR. Practical MR Imaging of Female Pelvic Floor Weakness. RadioGraphics 2002;22:295–304.
- [42] Santoro G, Wieczorek AP, Bartram CI. H11: Technical Innovations in Magnetic Resonance Imaging of the Pelvic Floor. Pelvic Floor Disorders: Imaging and Multidisciplinary Approach to Management., Springer Science & Business Media; 2010, p. 125–31.
- [43] Hashman Hashemi R, Bradley WG, Lisanti CJ. H20 Gradient Echo: Part I (basic princples). MRI: the basics, Lippencolt Williams & Wilkins; 2012, p. 233–47.
- [44] Berry M, Chowdhury V, Suri S. H10 Newer MR Pulse Sequences. Diagnostic Radiology: Advances in Imaging, Jaypee Brothers Publishers; 2000, p. 124–31.
- [45] Scarabino T, Giannatempo GM, Popolizio T, Scarale MG, Cammisa M, Salvolini U. Fast spin echo imaging of vertebral metastasis: comparison of fat suppression techniques (FSE-CHESS, STIR-FSE). La Radiologia Medica 1996;92:180–5.
- [46] Papanikolaou N, Mpougias. Ch1 Technical Considerations. Clinical MRI of the Abdomen: Why, How,

When, Springer Science & Business Media; 2011.

- [47] Reiser MF, Semmler W, Hricak H. Magnetic Resonance Tomography. Springer Berlin Heidelberg; 2007.
- [48] Tarantino U, Fanucci E, Iundusi R, Celi M, Altobelli S, Gasbarra E, et al. Lumbar spine MRI in upright position for diagnosing acute and chronic low back pain: statistical analysis of morphological changes. Journal of Orthopaedics and Traumatology 2013;14:15–22. doi:10.1007/s10195-012-0213-z.
- [49] Restaino G, Missere M, Ciuffreda M, Cucci E, Occhionero M, Sallustio G, et al. Magnetic resonance imaging of deep and visceral pelvic endometriosis: Examination technique and imaging findings. Electronic Presentation Online System (EPOS) 1970. doi:10.1594/ecr2009/C-308.
- [50] Reiner CS, Weishaupt D. Dynamic pelvic floor imaging: MRI techniques and imaging parameters. Abdominal Imaging 2013;38:903–11. doi:10.1007/s00261-012-9857-7.
- [51] Krediet P. Physical Manoeuvres to Prevent Vasovagal Syncope and Initial Orthostatic Hypotension. Amsterdam University Press; 2007.
- [52] Wieling W, Ganzeboom KS, Saul JP. Reflex syncope in children and adolescents. Heart (British Cardiac Society) 2004;90:1094–100. doi:10.1136/hrt.2003.022996.
- [53] Kurbaan AS, Erickson M, Petersen ME, Franzén AC, Stack Z, Williams T, et al. Respiratory changes in vasovagal syncope. Journal of Cardiovascular Electrophysiology 2000;11:607–11.
- [54] Colaiacomo MC, Masselli G, Polettini E, Lanciotti S, Casciani E, Bertini L, et al. Dynamic MR Imaging of the Pelvic Floor: a Pictorial Review 1. RadioGraphics 2009;10. doi:10.1148/rg.e35.
- [55] Hoyte L, Schierlitz L, Zou K, Flesh G, Fielding JR. Two- and 3-dimensional MRI comparison of levator ani structure, volume, and integrity in women with stress incontinence and prolapse. American Journal of Obstetrics and Gynecology 2001;185:11–9. doi:10.1067/mob.2001.116365.
- [56] Hodler J, Kubik-Huch RA, von Schulthess GK, Zollikofer CL. Diseases of the Abdomen and Pelvis: Diagnostic Imaging and Interventional Techniques. Springer Milan; 2014.
- [57] Leyendecker JR, Brown JJ, Merkle EM. Practical Guide to Abdominal and Pelvic MRI. 2e ed. Lippincott Williams & Wilkins Health; 2010.
- [58] Niccoló Faccioli, Alessio Comai, Paride Mainardi, Simone Perandini, Farah Moore RP-M. Defecography: a practical approach. Diagnostic and Interventional Radiology 2010;16:209–16. doi:10.4261/1305-3825.DIR.2584-09.1.
- [59] Darwish HS, Zaytoun HA, Kamel HA, Qamar SR. Assessment of pelvic floor dysfunctions using dynamic magnetic resonance imaging. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine 2014;45:225–9. doi:10.1016/j.ejrnm.2013.12.006.
- [60] Jelovsek JE, Maher C, Barber MD, Gynecology A. Pelvic organ prolapse. The Lancet 2007;369:1027– 38. doi:10.1016/S0140-6736(07)60462-0.
- [61] Dietz H, Schierlitz L. Pelvic floor trauma in childbirth Myth or reality? The Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology 2005;45:3–11. doi:10.1111/j.1479-828X.2005.00363.x.
- [62] Saba L. Imaging of the Pelvis, Musculoskeletal System, and Special Applications to CAD. CRC Press; 2016.
- [63] Ying T, Li Q, Xu L, Liu F, Hu B. Three-dimensional ultrasound appearance of pelvic floor in nulliparous women and pelvic organ prolapse women. International Journal of Medical Sciences 2012;9:894– 900. doi:10.7150/ijms.4829.
- [64] Dietz HP. Ultrasound imaging of the pelvic floor. Part II: three-dimensional or volume imaging. Ultrasound in Obstetrics and Gynecology 2004;23:615–25. doi:10.1002/uog.1072.
- [65] El Sayed RF, El Mashed S, Farag A, Morsy MM, Abdel Azim MS. Pelvic Floor Dysfunction: Assessment with Combined Analysis of Static and Dynamic MR Imaging Findings 1. Radiology 2008;248:518–30. doi:10.1148/radiol.2482070974.
- [66] Li L, Zeng L, Lin Z-J, Cazzell M, Liu H. Tutorial on use of intraclass correlation coefficients for assessing intertest reliability and its application in functional near-infrared spectroscopy–based brain imaging. Journal of Biomedical Optics 2015;20:050801. doi:10.1117/1.JBO.20.5.050801.
- [67] Baert AL, Bogaert J, Al-Saadi N, Dymarkowski S, Bogaert J, Bosmans H, et al. Clinical Cardiac MRI. Springer Berlin Heidelberg; 2004.

- [68] Talasz H, Kremser C, Kofler M, Kalchschmid E, Lechleitner M, Rudisch A. Phase-locked parallel movement of diaphragm and pelvic floor during breathing and coughing—a dynamic MRI investigation in healthy females. International Urogynecology Journal 2011;22:61–8. doi:10.1007/s00192-010-1240-z.
- [69] Chionh JJL, Wei BPC, Martin JA, Opdam HI. Determining normal values for intra abdominal-pressure. ANZ Journal of Surgery 2006;76:1106–9. doi:10.1111/j.1445-2197.2006.03849.x.
- [70] Bø K, Brækken IH, Majida M, Engh ME. Constriction of the levator hiatus during instruction of pelvic floor or transversus abdominis contraction: a 4D ultrasound study. International Urogynecology Journal 2009;20:27–32. doi:10.1007/s00192-008-0719-3.
- [71] Hoyte L, Damaser M. Chapter 6: Pelvic Floor Biomechanics From Animal Models, Elsevier Science; 2016.
- [72] Beck DE, Rombeau JL, Stamos MJ, Nasseri Y. The ASCRS Manual of Colon and Rectal Surgery. Springer New York; 2009.
- [73] Barkel DC, Pemberton JH, Pezim ME, Phillips SF, Kelly KA, Brown ML. Scintigraphic assessment of the anorectal angle in health and after ileal pouch-anal anastomosis. Annals of Surgery 1988;208:42–9.
- [74] Lufkin R, Anselmo M, Crues J, Smoker W, Hanafee W. Magnetic field strength dependence of chemical shift artifacts. Computerized Medical Imaging and Graphics 1988;12:89–96. doi:10.1016/0895-6111(88)90002-X.
- [75] Reiner CS, Weishaupt D. Dynamic Pelvic Floor Imaging: MRI Techniques and Imaging Parameters. Abdominal Imaging 2013;38:903–11. doi:10.1007/s00261-012-9857-7.
- [76] Roos JE, Weishaupt D, Wildermuth S, Willmann JK, Marincek B, Hilfiker PR. Experience of 4 Years with Open MR Defecography: Pictorial Review of Anorectal Anatomy and Disease. RadioGraphics 2002;22:817–32. doi:10.1148/radiographics.22.4.g02jl02817.
- [77] Nardos R, Thurmond A, Holland A, Gregory WT. Pelvic Floor Levator Hiatus Measurements: MRI versus Ultrasound. Female Pelvic Medicine & Reconstructive Surgery 2014;20:216–21. doi:10.1097/SPV.00000000000079.
- [78] Grand DJ, Mayo-Smith WW, Woodfield CA. Section 3 Ch 9 Female Urethra. Practical Body MRI: Protocols, Applications and Image Interpretation, Cambridge University Press; 2012.

9. Bijlage

Bijlage 1: Mail potentiële proefpersonen

Beste,

Deze mail ontvangt u omdat u heeft aangegeven geïnteresseerd te zijn om mee te doen aan ons onderzoek. Ons onderzoek gaat over beeldvorming van de bekkenbodemspier. Deze beeldvorming zal plaatsvinden met behulp van een MRI-systeem. In de bijlage: "Formulier 1_Informed consent MRI V2016.04.04" is algemene informatie over MRI-onderzoek te vinden. Het is van belang dat u dit formulier aandachtig doorleest en indient, en indien u zeker weet dat u wilt deelnemen dit formulier ook invult. Het doel van ons onderzoek is om een protocol te ontwikkelen waarbij in staande en liggende positie de bekkenbodemspier van vrouwen in beeld gebracht kan worden met behulp van een MRI-systeem. Aan dit onderzoek zullen vijf vrouwen mee doen, in de leeftijdscategorie van 40-85 jaar. Het onderzoek zal plaatsvinden op de Universiteit Twente en zal ongeveer 1-2 uur van uw tijd in beslag nemen. We zoeken mensen die op één van de volgende data kunnen: 19, 20, 23 t/m 27 mei. Het zal plaatsvinden op een doordeweekse dag tussen 9:00 en 17:00. Indien u voorkeur heeft voor een bepaalde datum of tijd horen wij dat graag en proberen wij hiermee rekening te houden met inplannen.

Tijdens het onderzoek zult u een MRI-scan ondergaan in staande positie, deze scan wordt gevolgd door een scan in liggende positie. Bij beide scans heeft u een spoel rondom uw heupen.

De MRI-scanner die wij gebruiken heeft een open design. Dit betekent dat u niet in een buis ligt tijdens het onderzoek. Een afbeelding van hoe de scanner eruit ziet, en hoe u erin zou liggen of staan is als bijlage toegevoegd.

Om deel te nemen aan het onderzoek willen we u ook graag vragen om het bijgevoegde bestand: "Formulier 2_Screeningslijst voor een MRI onderzoek V2016.04.04", doorgelezen en ingevuld te hebben. Alvast hartelijk bedankt voor uw hulp. Indien u vragen of opmerkingen heeft kunt u mailen naar de volgende mailadressen:



Met vriendelijke groeten,

Maaike Dotinga, Angelique van Vlaenderen, Anouk ten Voorde en Lisanne Zwart



ECTM

Informed consent

Informatie voor proefpersonen MRI-onderzoek

Wij willen u vragen om mee te doen aan een 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 daarom deze informatie rustig door.

Voor het onderzoek ondergaat u een MRI-scan. Het totale onderzoek duurt maximaal 60 minuten. Vooraf wordt de 'Screeningslijst MRI' met u doorgenomen om te controleren of u de scan veilig kunt ondergaan. Als u niet in de MRI-scanner mag, wordt u uitgesloten van deelname. Redenen waarom de MRI-scan niet kan plaatsvinden zijn onder andere zwangerschap, een pacemaker of andere metalen objecten in het lichaam.

Tijdens het MRI-onderzoek ligt u op een tafel. Deze tafel wordt in de scanner geschoven. Het onderdeel van uw lichaam waarvan beelden gemaakt worden zal in het midden van de scanner geplaatst worden. Voor sommige onderzoeken zal de tafel gekanteld worden zodat er ook gescand kan worden in staande positie. Voor een goede kwaliteit van de afbeeldingen moet u zo stil mogelijk blijven liggen/staan. Het maken van de scan gaat samen met een hard zoemend geluid. Tijdens het onderzoek kunt u altijd blijven communiceren met de onderzoeker.

Tijdens het maken van een MRI-scan wordt geen röntgenstraling gebruikt. De MRI-scan is daarom niet schadelijk. Als er een scan in staande positie wordt gedaan, zou u flauw kunnen vallen, maar dit risico is niet groter dan buiten de scanner. Er zijn verder zijn er geen bijwerkingen van de MRI-scan bekend. U wordt bovendien als proefpersoon gedekt door de aansprakelijkheidsverzekering van de universiteit.

Buiten de geïnvesteerde tijd zijn er geen voordelen of nadelen voor u als gevolg van deelname aan dit onderzoek. Mochten er bij toeval nieuwe medische feiten ontdekt worden, dan zullen de beelden door een radioloog beoordeeld worden. Indien de radioloog vervolgens medisch handelen wenselijk acht zal dit met u worden overlegd.

De MRI-beelden die van u worden gemaakt, worden anoniem bewaard. Dat houdt in dat uw persoonsgegevens hierbij niet bewaard worden. Uw anonieme onderzoeksgegevens worden na afloop van het onderzoek nog enige tijd bewaard. Misschien kunnen we daar later een ander onderzoek mee uitvoeren binnen hetzelfde onderzoeksgebied. Als u dat niet wilt, kunt u dat op het toestemmingsformulier aangeven.

Als u besluit mee te doen, kunt u zich altijd bedenken en toch stoppen. Ook tijdens het onderzoek. Indien tijdens het MRI-onderzoek blijkt dat u moeite heeft om het onderzoek vol te houden, dan worden uw gegevens uit het wetenschappelijk onderzoek verwijderd.

Als u nog vragen heeft over de gang van zaken rond het onderzoek dan kunt u dit melden aan de onderzoekers.

ECTM

Informed consent

Toestemmingsformulier

Ik heb de informatie voor proefpersonen gelezen. Ik kon aanvullende vragen stellen. Mijn vragen zijn genoeg beantwoord. Ik had voldoende 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 ik op de hoogte gesteld kan worden van onverwachte bevindingen.

Ik weet dat mensen betrokken bij de studie mijn gegevens kunnen zien.

Ik geef toestemming om mijn gegevens te gebruiken, voor de doelen die in de informatie voor proefpersonen staan.

Ik weet dat mijn onderzoeksgegevens na het onderzoek nog 15 jaar bewaard worden en daarna worden vernietigd.

Ik geef toestemming om mijn anonieme onderzoeksgegevens te gebruiken voor mogelijk nieuw onderzoek in de toekomst: ja nee

Ik geef toestemming om in de toekomst gevraagd te worden voor deelname aan nieuw onderzoek: ja nee

Ik vind het goed om aan dit onderzoek mee te doen.

Naam proefpersoon:	
Handtekening:	

Datum:

//__

Ik verklaar hierbij dat ik bovenstaande proefpersoon volledig heb geïnformeerd over de genoemde studie. Als er tijdens de studie informatie bekend wordt die de toestemming van de proefpersoon zou kunnen beïnvloeden, dan breng ik hem/haar daarvan tijdig op de hoogte.

Naam onderzoeker: ______ Handtekening:

Datum:

//__

V2016.04.04

Bijlage 3: Formulier 2_Screeningslijst voor een MRI onderzoek V2016.04.04

ECTM

MRI screeninglijst

Screeningslijst voor een MRI-onderzoek

In de MRI ruimte kunnen sommige implantaten, apparaten en objecten beschadigd raken en/of schade aan u veroorzaken. Om gezondheidsrisico's zoveel mogelijk uit te sluiten moet iedereen voor toegang tot de MRI ruimte gescreend worden. Daarom verzoeken wij u onderstaande lijst zorgvuldig in te vullen.

Als u vragen heeft over de screening of een vraag met JA moet beantwoorden, kunt u elke werkdag contact opnemen met de afdeling Technische Geneeskunde, JK van Zandwijk; +31 (0)53 489 4197

Heeft u metaal(splinters) in uw lichaam, m.n. in de ogen, door bijv.	⊐ja	□ nee
werkzaamheden in de metaalindustrie (lassen, draaibankwerken etc.) of door		
oorlogsgeweld (geweerhagel, kogelresten, metaalscherven)?		
Heeft u een pacemaker, pacemakerdraden of een defibrillator voor uw hart?	⊐ja	□ nee
Heeft u een nieuwe hartklep/aortaklep of een stent?	⊐ja	□ nee
Heeft u clips in de bloedvaten van het hoofd of overige bloedvaten?	⊐ja	□ nee
Heeft u geïmplanteerde magneetjes in de kaak?	⊐ ja	□ nee
Heeft u gehoorbeenprothese / blaasstimulator / insulinepompje /	⊐ja	🗆 nee
neurostimulator / baclofenpomp / tissue expander?		
Heeft u oor- oogimplantaten?	⊐ja	□ nee
Heeft u slecht werkende nieren?	⊐ja	□ nee
Heeft u eerder een allergische reactie op het contrastmiddel voor MRI	⊐ja	□ nee
gehad?		
Zijn er lichaamsvreemde materialen in uw lichaam aanwezig / ingebracht?	⊐ja	□ nee
Bent u zwanger?	⊐ja	□ nee
Alleen van belang bij een MRI van het hoofd halsgebied: heeft u een	⊐ja	🗆 nee
slotjesbeugel met metaal dat in de mond vast zit? (draadje is niet van		
toepassing)		

Op alle vragen NEE?

Deze lijst ingevuld en ondertekend inleveren bij degene die u de lijst heeft toegereikt of toegezonden.

PLEISTER MEDICIJN

Gebruikt u een pleister met een medicijn genaamd Rotigotine/neupro? Deze pleister bevat aluminium en mag niet in de MRI. U moet de pleister voor het onderzoek verwijderen. Na het onderzoek mag u een nieuwe pleister opplakken.

LET OP:

Metalen, elektrische of magnetisch gevoelige voorwerpen kunnen niet de MRI ruimte in omdat er een sterke magneet aanwezig is in de ruimte. Denk hierbij aan; creditcards, pinpasjes, gehoorapparaten, mobiele telefoon, horloge, sleutels, haarspelden, sieraden, bril en munten.

Naam:

Datum:

Bijlage 4: Vragenlijst Bekkenbodemspier

Vragenlijst Bekkenbodemspier

NAAM:	
VOORNAAM+ACHTERNAAM	
GEBOORTEDATUM:	
(DD-MM-JJ)	
GEWICHT:	
IN KG	
Lengte:	
IN CM	
AANTAL BEVALLINGEN:	
VAGINAAL OF KEIZERSNEDE:	
Opmerkingen/vragen:	

Bijlage 5: Protocol

Proefpersoon heeft een half uur voor de start van de MRI-scan geürineerd. Broek wordt omgewisseld voor OK-broek. Schoenen worden uitgedaan en metalen voorwerpen worden verwijderd. Bovenkleding wordt aangehouden.

Proefpersoon in de MRI-scanner in supine positie.

Positioneer de proefpersoon volgens de volgende scout images:

- Sagittaal: van boven naar beneden dienen te worden gezien: lumbaal vijf met de overgang naar de sacrale wervelkolom en het bovenste deel van de onderste extremiteit. Van links naar rechts dienen te worden gezien: het gehele bekkengebied en het os pubis.
- Coronaal: bilnaad dient in het midden van het beeld te liggen.

De twee riemen vastbinden en voetenplankje bevestigen. Roteer de scanner naar 81 graden en scan in drie beeldvlakken:

- Transversaal: FSE T2, TR: 3480ms, TE: 25ms, aantal plakken: 11, dikte plakken: 4,0mm, duur: 3:56 min., planning: bovenste planningslijn loopt naar het coccyx en middelste planningslijn loopt door het inferieure deel van het os pubis in de sagittale scout.
- Sagittaal: FSE T2, TR: 3480ms, TE: 25ms, aantal plakken: 11, dikte plakken: 3,0mm, duur: 3:56min., planning: buitenste twee planningslijnen omvatten de bilnaad in de coronale scout.
- Coronaal: FSE T2, TR: 3000ms, TE: 25ms, aantal plakken: 9, dikte plakken: 4,0mm, duur: 2:06min., planning: linker planningslijn ligt rond de posterieure zijde van de lumbale wervelkolom in de sagittale scout.

Roteer de scan terug naar 0 graden.

Verwijder de riemen en het voetenbankje.

Scan nu in supine positie met dezelfde instellingen als in staande positie, maar pas de planningslijn van transversaal aan: middelste planningslijn op de SCIPP-lijn

Bijlage 6: Lijnen, afstanden en de anorectale hoek in het sagittale beeldvlak



Figuur 16: PCL, H- en M-lijn in het sagittale beeldvlak



Figuur 17: Afstanden van PCL tot blaashals, cervix en anorectale junctie in het sagittale beeldvlak



Figuur 18: Anorectale hoek in het sagittale beeldvlak

Bijlage 7: Lijnen en afstanden in het transversale beeldvlak



Figuur 19: AP-lengte, breedte van de hiatus urogenitale en de dikte van de m. puborectalis links en rechts in het transversale beeldvlak