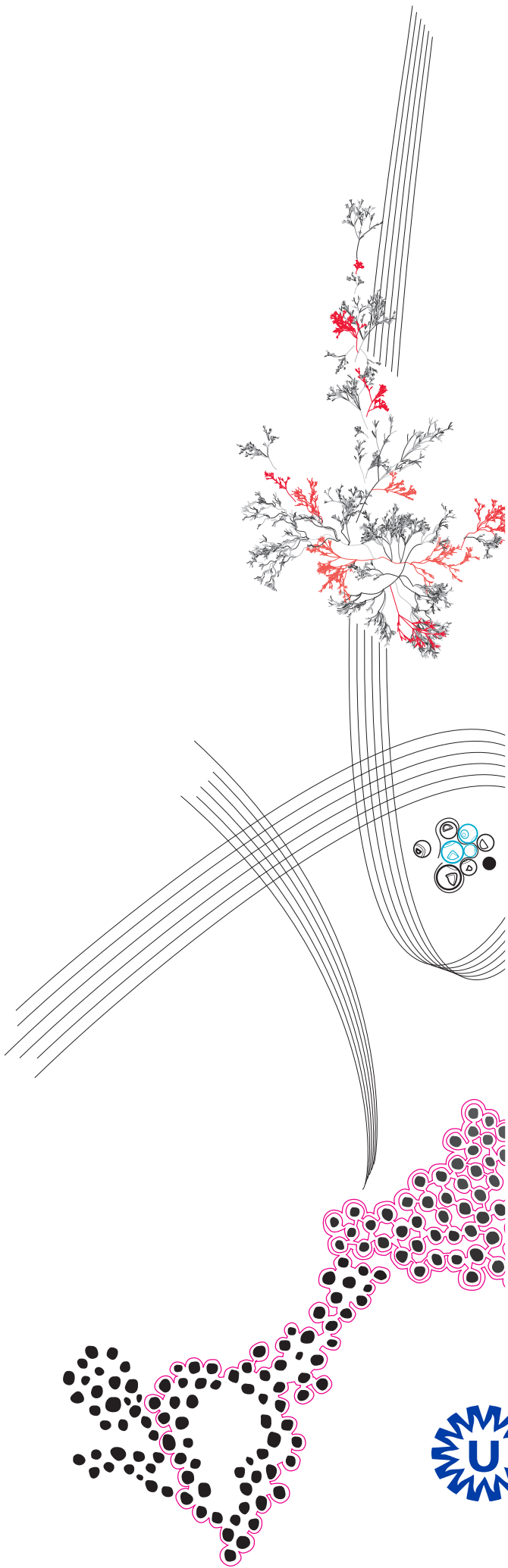




Invloed van de oriëntatie van de musculus puborectalis op de echo intensiteit

**Multidisciplinaire Opdracht
Bachelor Technische Geneeskunde**

Auteurs:
Stephan Romeijn
Michelle Simons
Beau van Woudenberg
Eline Zwijgers

Begeleiders:
Prof. dr. C.H. van der Vaart
Prof. dr. ir. C.H. Slump
Msc. F. van Limbeek - van den Noort
J. Onvlee

20-06-2016

Enschede



UMC Utrecht

UNIVERSITY OF TWENTE.

Invloed van de oriëntatie van de musculus puborectalis op de echo intensiteit

**Multidisciplinaire Opdracht
Bachelor Technische Geneeskunde**

Auteurs:

Stephan Romeijn
Michelle Simons
Beau van Woudenberg
Eline Zwijgers

Begeleiders:

Prof. dr. C.H. van der Vaart
Prof. dr. ir. C.H. Slump
Msc. F. van Limbeek - van den Noort
J. Onvlee

20-06-2016

Enschede

Inhoudsopgave

Samenvatting	7
Inleiding	8
1 Theorie	11
1.1 Anatomie, histologie en pathofysiologie	11
1.2 Ultrasound beeldvorming	12
2 De invloed van de diepte van de m. puborectalis op de echo intensiteit	14
2.1 Methode	14
2.2 Resultaten	18
2.3 Discussie	20
3 De invloed van de hoek van de m. puborectalis op de MEP	23
3.1 Methode	23
3.2 Resultaten	23
3.3 Discussie	23
4 Onderzoek naar de invloed van de hoek en de diepte van de m. puborectalis voor het verschil in MEP bij verschillende wijze van bevallen	25
4.1 Methode	25
4.2 Resultaten	25
4.3 Discussie	27
5 Validatie van het effect van de diepte van de m. puborectalis op de echo intensiteit met behulp van een fantoom	29
5.1 Methode	29
5.2 Resultaten	31
5.3 Discussie	31
6 Reproduceerbaarheid van de studie	33
6.1 Methode	33
6.2 Resultaten	33
6.3 Discussie	34
Discussie	35
Conclusie	36

Aanbevelingen	37
Glossarium	38
Bijlagen	40
A Toetsen of er een correlatie is tussen de diepte/hoek en de intensiteit	40
B Diepte tegen intensiteit proefpersoon 4 in zowel rust als contractie	41
C Ultrasound afbeelding van de simulatiespier	42
Referenties	43

Samenvatting

Inleiding: In deze studie is onderzoek gedaan naar de invloed van de diepte en de hoek van de m. puborectalis ten opzichte van een 3D ultrasound probe op de echo intensiteit bij zwangere vrouwen. Bij twaalf weken zwangerschap hebben vrouwen die vaginaal bevallen zijn een hogere gemiddelde echo intensiteit van de m. puborectalis (MEP) dan vrouwen die met behulp van een secundaire sectio bevallen zijn. Onderzocht is of de hoek en de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe dit verschil kunnen verklaren.

Methode: De gemiddelde intensiteit op een lijnsegment van de m. puborectalis (ISP), gemiddelde diepte, hoek en MEP zijn bij tien proefpersonen bij twaalf weken zwangerschap berekend. Binnen deze onderzoeksgroep zijn vijf proefpersonen vaginaal bevallen en vijf proefpersonen met behulp van een secundaire sectio. Daarnaast is onderzocht of met behulp van een fantoom de invloed van de diepte op de echo intensiteit gevalideerd kan worden.

Resultaten: De diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe heeft invloed op de ISP. De gemiddelde diepte heeft geen correlatie met de MEP ($p=0,108$). Ook de hoek heeft geen correlatie met de MEP ($p=0,835$). In deze studie is geen significant verschil gevonden tussen de MEP van proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen ($p=0,385$). De diepte van de fantoomspier heeft geen correlatie met de echo intensiteit ($p=0,184$).

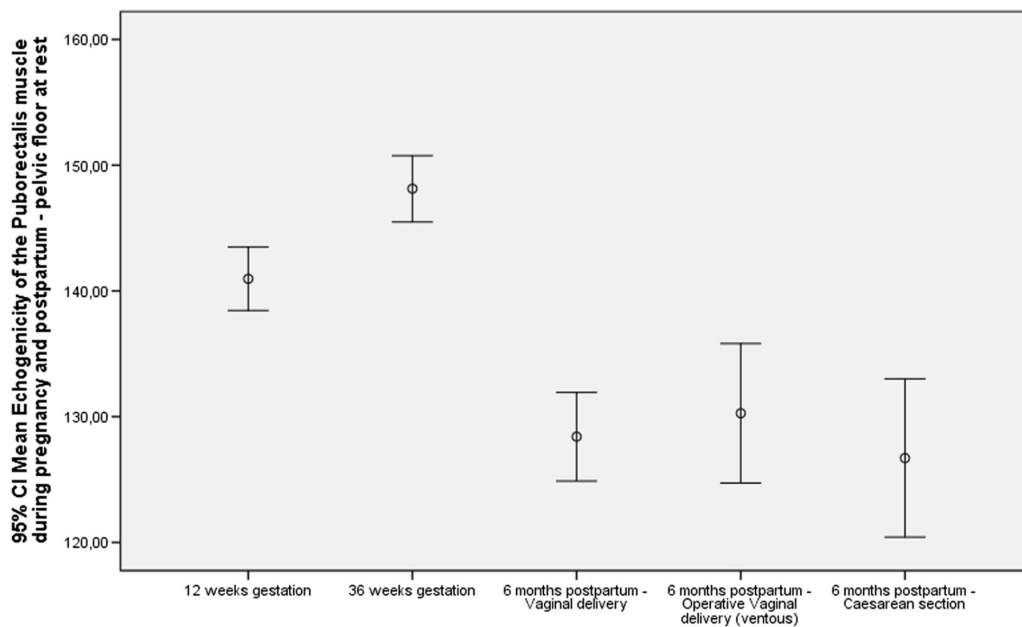
Conclusie: De hoek en de gemiddelde diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe hebben geen invloed op de MEP. De diepte van de m. puborectalis heeft wel invloed op de ISP.

Inleiding

De m. puborectalis is onderdeel van de levator ani spiergroep, deze heeft een belangrijke ondersteunende functie voor de organen in het pelvis en het abdomen [1][2]. Tijdens de bevalling rekt de m. puborectalis op tot ongeveer drie keer zijn eigen lengte [3]. De spier komt onder spanning te staan en kan hierdoor permanent uitrekken of scheuren (avulsie), dit kan de oorzaak zijn van een bekkenbodemverzakking [2]. De m. puborectalis ligt in het transversale vlak. Dit vlak is echter met 2D ultrasound niet goed in beeld te brengen, omdat de spier achter het os pubis ligt. Bij 3D ultrasound kan met behulp van de frontale en sagittale beelden het transversale vlak geconstrueerd worden, waardoor de m. puborectalis in het transversale vlak gezien kan worden [4].

In het Universitair Medisch Centrum Utrecht is bij 280 nullipara vrouwen prospectief de bekkenbodem in beeld gebracht met 3D/4D transperineaal ultrasound onderzoek met behulp van een GE Voluson 730 Expert system (GE Medical Systems Zipf, Oostenrijk). De m. puborectalis is op drie momenten gemeten; bij twaalf weken zwangerschap, bij 36 weken zwangerschap en bij zes maanden post-partum. De beelden van de m. puborectalis zijn in rust, contractie en gedurende de Valsalva manoeuvre gemaakt. De instellingen van het ultrasound apparaat zijn bij alle proefpersonen hetzelfde gehouden.

Met behulp van bovenstaande data zijn meerdere onderzoeken gedaan. Zo hebben Grob et al. [5] onderzoek gedaan naar de verandering van de gemiddelde echo intensiteit van de m. puborectalis tijdens en na de zwangerschap. Uit het onderzoek is gebleken dat de MEP gedurende de zwangerschap stijgt. Na de bevalling daalt de MEP en komt deze lager te liggen dan tijdens de zwangerschap (zie: figuur 1). Daarnaast is uit het onderzoek gebleken dat de MEP daalt bij zowel contractie als Valsalva ten opzichte van rust.



Figuur 1: De gemiddelde echo intensiteit van de m. puborectalis (MEP) in rust tijdens zwangerschap en na de bevalling [5].

In recent onderzoek van Grob et al. [6] is gekeken naar de relatie tussen de echo intensiteit van de m. puborectalis en de wijze van bevallen. Uit dit onderzoek blijkt dat proefpersonen die een secundaire sectio moesten ondergaan, als gevolg van een gebrek aan vooruitgang tijdens de bevalling, een significant lagere MEP hadden dan de proefpersonen die vaginaal bevielen. Dit verschil is alleen significant aangetoond bij twaalf weken zwangerschap. Bij 36 weken zwangerschap was de MEP ook lager maar dit verschil was niet significant.

Van Limbeek - van den Noort [2] heeft onderzoek gedaan naar de invloed van verschillende parameters op de echo intensiteit van een spier in een ultrasound beeld. Hierbij is de invloed van de spieractiviteit en de druk, aangebracht op de probe, gemeten bij de m. biceps brachii. Uit het onderzoek blijkt dat de spieractiviteit en de druk, aangebracht op de probe, geen invloed hebben op de echo intensiteit van de m. biceps brachii. De hoeveelheid perimysium heeft echter wel invloed op de echo intensiteit. De m. biceps brachii en de m. puborectalis zijn beide skeletspieren, waardoor het als waarschijnlijk is aangenomen dat deze conclusie ook geldt voor de m. puborectalis.

Uit de onderzoeken van Grob et al. en van Limbeek - van den Noort [2][5][6] blijkt dat er meer onderzoek nodig is naar de invloed van de diepte en de hoek van de m. puborectalis ten opzichte van de probe. Het is van belang om te weten wat de invloed van de diepte en de hoek is op de echo intensiteit. Bij een eventuele invloed kan de echo intensiteit gecorrigeerd worden voor de diepte en de hoek.

Andere onderzoeken hebben al gekeken naar de invloed van de diepte van een skeletspier ten opzichte van de probe op de echo intensiteit. In deze studie is aangenomen dat de diepte van de spier gelijk is aan de dikte van de subcutane laag. Om deze reden worden de volgende onderzoeken besproken [7][8]. Caresio et al. [7] hebben onderzoek gedaan naar de invloed van de dikte van de subcutane laag op de gemiddelde echo intensiteit van skeletspieren. Uit het onderzoek blijkt dat er een significante correlatie is tussen de gemiddelde echo intensiteit en de dikte van de subcutane laag. Uit het onderzoek is ook gebleken dat de spierdikte invloed heeft op de echo intensiteit. In het onderzoek van Young et al. [8] is ook een verband gevonden tussen de gemiddelde echo intensiteit en de dikte van de subcutane laag.

Deze studie richt zich op de invloed van de diepte en de hoek van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe. Het onderzoek van Grob et al. [6] stelt dat de MEP van vrouwen die vaginaal bevallen en vrouwen die met behulp van een secundaire sectio bevallen van elkaar verschilt. Mogelijk kunnen de diepte en de hoek van de m. puborectalis dit verschil verklaren. Om de invloed van de hoek en de diepte van de m. puborectalis op de echo intensiteit te onderzoeken is de volgende hoofdvraag opgesteld:

Wat is de invloed van de oriëntatie van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe op de echo intensiteit bij zwangere vrouwen?

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn meerdere deelvragen opgesteld:

- Wat is de invloed van de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe op de echo intensiteit?
- Wat is de invloed van de hoek van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe op de MEP?
- Kunnen de hoek en de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe het verschil in de MEP verklaren wat gevonden is bij proefpersonen die vaginaal bevallen zijn ten opzichte van proefpersonen die bevallen zijn met behulp van een secundaire sectio?
- In hoeverre kan het effect van de diepte van de m. puborectalis op de echo intensiteit gevalideerd worden met behulp van een fantoom?

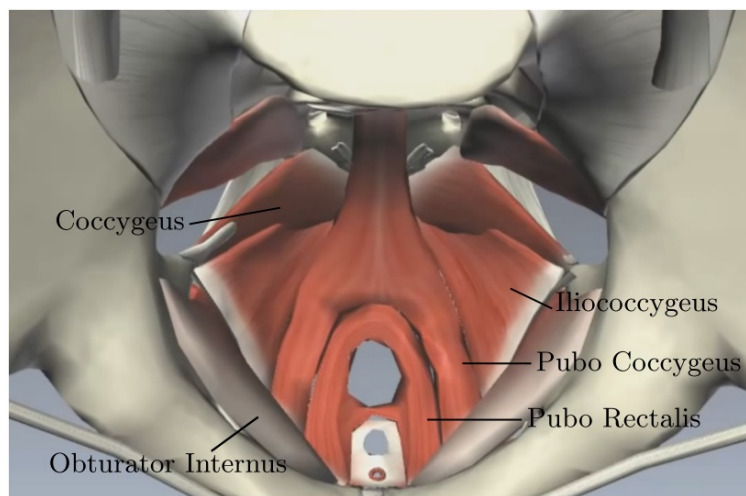
Allereerst zal de relevante theorie voor deze studie besproken worden. In de vier hoofdstukken daarna zullen de deelvragen beantwoord worden. Hierin zijn de methode, conclusie en discussie meegenomen die betrekking hebben op de betreffende deelvraag. Na de deelvragen wordt de reproduceerbaarheid van de methode besproken. Hierna volgen de algemene conclusie, discussie en aanbevelingen. Ten slotte is er een glossarium toegevoegd ter verduidelijking van bepaalde termen.

1. Theorie

In dit hoofdstuk wordt de relevante theorie besproken die nodig is voor de beantwoording van de hoofdvraag. Er zal ingegaan worden op de anatomie, histologie en pathofysiologie van de m. levator ani, daarbij zal de nadruk liggen op de m. puborectalis. Daarnaast zal beknopt uitleg gegeven worden over het principe van ultrasound beeldvorming.

1.1. Anatomie, histologie en pathofysiologie

De bekkenbodem is een complex systeem dat uit verschillende spieren, fascia, zenuwen en ligamenten bestaat die samen de functie van verschillende bekkenorganen ondersteunen. De m. levator ani is een spiergroep in het bekken die bestaat uit de m. puborectalis, m. pubococcygeus en de m. iliococcygeus (zie: figuur 2). De m. puborectalis is een U-vormige spier. De bilaterale takken van deze spier hechten aan de twee rami anterior van het os pubis en komen posterior van het rectum samen. De m. puborectalis wordt geïnnerveerd door de nervus levator ani (spinale level S3, S4) [9].



Figuur 2: Anatomische ligging van de m. levator ani [10].

De m. puborectalis is een skeletspier. Een skeletspier bestaat uit spiervezels die door endomysium worden omhult. Meerdere spiervezels vormen spierbundels die worden omgeven door perimysium. De gehele spier wordt omgeven door epimysium. Endo-, peri- en epimysium zijn verschillende types bindweefsel, waarvan de extracellulaire matrix voor het grootste gedeelte uit collageen en elastine bestaat [2][11]. Collageen is verantwoordelijk voor de treksterkte van het weefsel, terwijl elastine voor elasticiteit en veerkracht zorgt. Hierdoor kan het weefsel uitgerekt en ingedrukt worden. De homeostase van de extracellulaire matrix van bindweefsel wordt in stand gehouden door biosynthese en biodegradatie. Hierbij zijn verschillende eiwitten betrokken. De hoeveelheid collageen en elastine en hun variatie in metabolisme zijn belangrijke factoren die een rol spelen in de beschadiging van weefsel gedurende een bevalling. Er is aangetoond dat bij onvoldoende biosynthese en/of biodegradatie van collageen en elastine oprekking of een avulsie van de m. puborectalis kan

veroorzaken, wat kan leiden tot een bekkenbodemverzakking [2][12]. Het is niet bekend of een pathologische verandering in de samenstelling van de extracellulaire matrix veroorzaakt wordt door genetische afwijkingen en/of invloeden van buitenaf [12].

1.2. Ultrasound beeldvorming

Het basisprincipe van ultrasound voor medische doeleinden is het uitzenden van ultrasone geluidsgolven vanuit de probe het lichaam in. Dit signaal van geluidsgolven zal teruggekaatst worden in de richting van de probe en zal daar opgevangen en omgezet worden in een elektrisch signaal. De rest van het signaal wordt verstrooid in het lichaam of wordt omgezet in warmte. De hoeveelheid signaal die wordt teruggekaatst, wordt bepaald door de akoestische impedantie van het betreffende weefsel. De akoestische impedantie (Z in $kg/s \cdot m^2$) is een intrinsieke fysieke eigenschap van een medium gedefinieerd als de dichtheid van het medium (ρ in kg/m^3) maal de voortplantingssnelheid van de ultrasoundgolf in het medium (v in m/s) (zie: vergelijking 1).

$$Z = \rho \cdot v \quad (1)$$

Lucht heeft een akoestische impedantie van nul, terwijl dense weefsels zoals bot een zeer hoge akoestische impedantie hebben. De intensiteit van een gereflecteerd ultrasound signaal is proportioneel met het verschil in akoestische impedantie tussen twee mediums. Als twee weefsels dezelfde akoestische impedantie hebben wordt er geen reflecterend signaal opgewekt. Kleine verschillen in akoestische impedantie zorgen voor een lage echo intensiteit terwijl grote verschillen in akoestische impedantie voor een hoge echo intensiteit zorgen.

De golflengte (λ in m) en frequentie (f in Hz) van ultrasound zijn inverse gerelateerd aan elkaar, ultrasound van hoge frequentie heeft een korte golflengte en vice versa (zie: vergelijking 2).

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2)$$

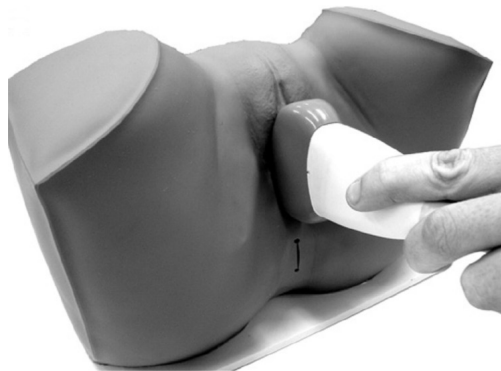
Medische ultrasound apparatuur gebruikt geluidsgolven tussen de 1-20 MHz. Ultrasound golven met een hoge frequentie worden gebruikt om oppervlakkige structuren in beeld te brengen en hebben daarbij een hoge axiale resolutie. Structuren zijn daardoor beter te onderscheiden. Deze hoge frequentie betekent echter wel dat de geluidsgolven snel verzwakken waardoor dieper gelegen structuren niet goed in beeld gebracht worden. Andersom geldt dat ultrasound golven met een lage frequentie dieper gelegen structuren in beeld kunnen brengen, maar wel met een lagere resolutie.

Ultrasound golven worden gegenereerd in pulsen, vaak twee of drie geluidscycli van dezelfde frequentie. De pulse repetition frequentie (PRF) is het aantal pulsen uitgezonden door de probe per tijdseenheid. Tussen de geluidsgolven moet voldoende tijd zitten, zodat het signaal het doel kan bereiken en terug kan echoën naar de probe voordat er een nieuwe pulse uitgezonden wordt. De PRF voor medische beeldvorming varieert tussen de 1-10 kHz [13].

De ultrasound golven kunnen op twee manieren reflecteren richting de ultrasound probe. Dit kan via normale reflectie of via scattering. Bij normale reflectie zal voor de geluidsgolf gelden; hoek van inval is hoek van reflectie ($\theta_i = \theta_r$). Bij scattering zal de geluidsgolf in verschillende richtingen reflecteren. Bij een impedantieovergang zullen de ultrasoundgolven reflecteren dan wel gaan scatteren. Reflectie zal over het algemeen optreden bij oppervlakten die groot zijn in vergelijking met de golflengte, terwijl scattering optreedt wanneer het oppervlakte klein is in vergelijking met de golflengte. Niet alle ultrasoundgolven zullen worden gereflecteerd. Een deel van de golven zal niet worden gereflecteerd maar worden opgenomen door het weefsel. Het verlies van intensiteit van de doorgaande puls door middel van reflectie, scattering en opname van de geluidsgolf wordt demping genoemd [14].

Ultrasoundbeelden worden weergegeven in grijswaarden. Deze grijswaarde bepaalt de waarde van de intensiteit. De echo intensiteit wordt uitgedrukt in een grijswaarde, in deze studie varieert die tussen de 0 (zwart) en de 255 (wit). In het geval van spierweefsel worden de spiercellen donker afgebeeld en de extracellulaire matrix licht. De twee belangrijkste componenten van de extracellulaire matrix van de m. puborectalis zijn collageen en vetweefsel. De echo intensiteit is afhankelijk van de samenstelling van de spier. Vetweefsel en collageen zijn het meest van invloed op de echo intensiteit. Vetweefsel en collageen in de spier zorgen voor een hogere intensiteit. Tijdens de zwangerschap verandert de samenstelling van de m. puborectalis.

Om de m. puborectalis in beeld te brengen wordt de ultrasound probe op het perineum geplaatst, georiënteerd in het midsagittale vlak (zie: figuur 3). Dankzij de ontwikkeling van 3D ultrasound is de m. puborectalis goed in beeld te brengen. Door de ultrasound probe een groot aantal evenwijdige vlakken te laten aftasten van een niet-bewegend orgaan kan een computerprogramma hier een 3D-weergave van maken. Het is hierna mogelijk om een willekeurig vlak te kiezen waarin het weefsel, in deze studie dus de m. puborectalis, bekeken kan worden [15][16]. De oriëntatie van de m. puborectalis heeft mogelijk invloed op de echo intensiteit. Wanneer de hoek van de m. puborectalis veranderd zal de hoek van inval, dus ook de hoek van reflectie veranderen. Daarnaast zullen bij een grotere diepte de ultrasound golven een langere weg afleggen waardoor de intensiteit kan afnemen.



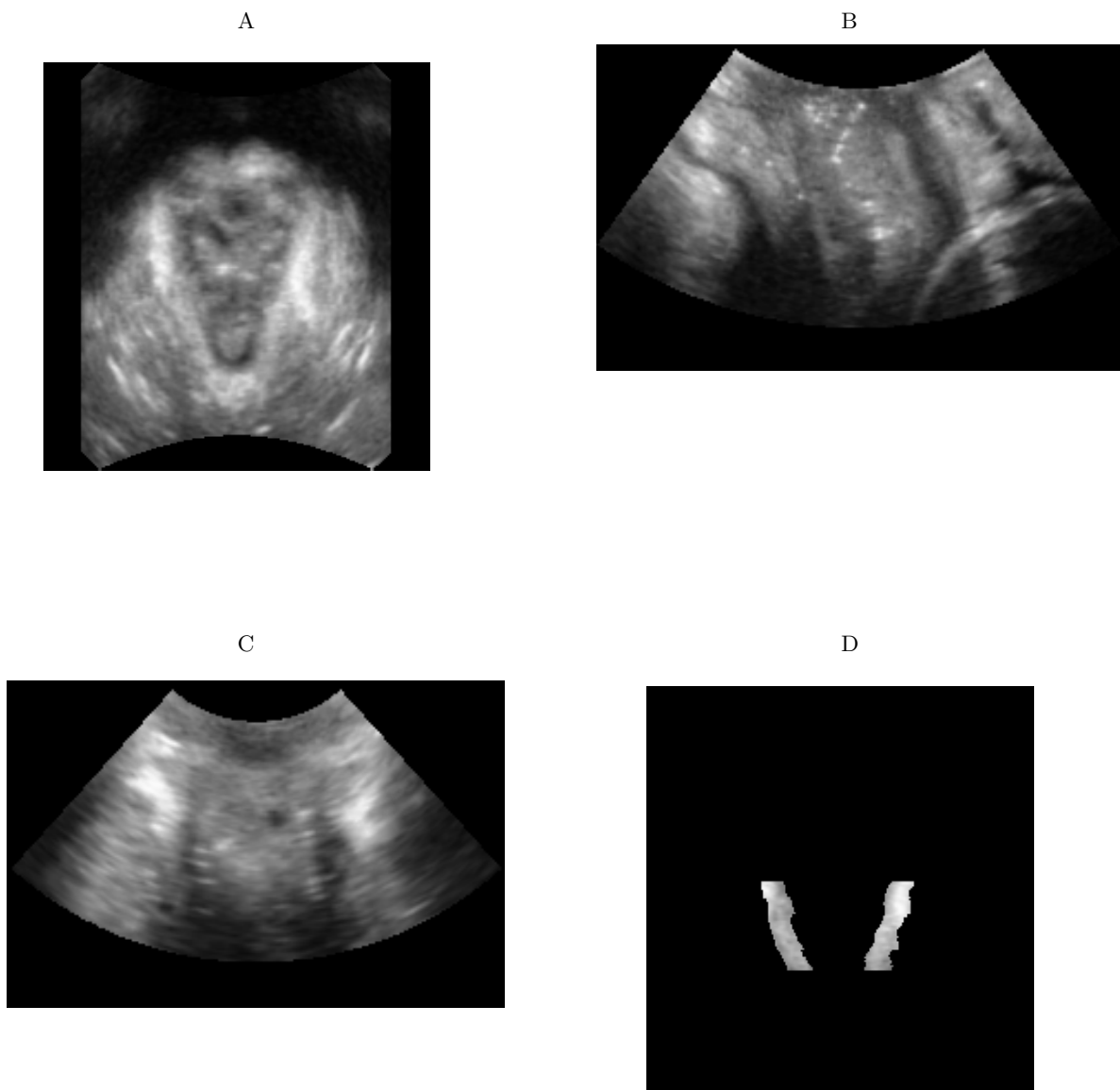
Figuur 3: Positie van ultrasound probe geplaatst op het perineum in het midsagittale vlak [16].

2. De invloed van de diepte van de m. puborectalis op de echo intensiteit

In dit hoofdstuk wordt de volgende deelvraag behandeld: Wat is de invloed van de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe op de echo intensiteit? Hierbij worden de data in rust en contractie apart behandeld, omdat de spiercellen dichter op elkaar komen te liggen in contractie. Dit kan ervoor zorgen dat in contractie, bij eenzelfde toename van de diepte, de intensiteit van de m. puborectalis meer afneemt in vergelijking tot rust [17][18].

2.1. Methode

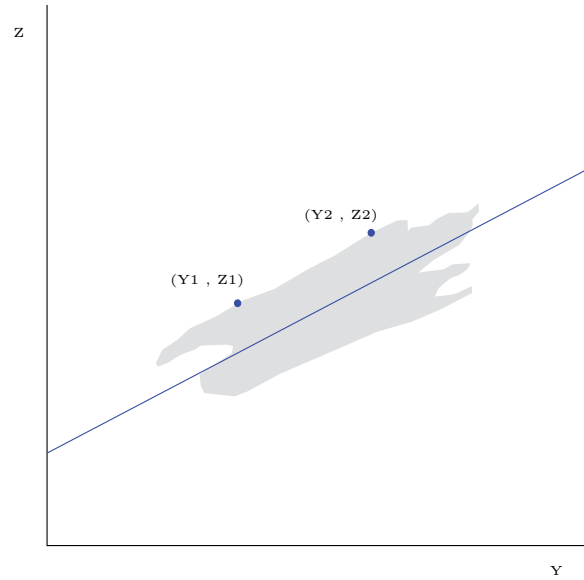
Voor deze studie zijn onwillekeurig vijf proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en vijf proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen geselecteerd uit de data, verkregen van het Universitair Medisch Centrum Utrecht, beschreven in de inleiding. Met behulp van Matlab R2015a (Mathworks, Natick, MA) zijn de verkregen data geanalyseerd. Voor deze studie waren de 3D ultrasound beelden beschikbaar in zowel rust als contractie. Daarnaast was er een intekening voor elke proefpersoon van de m. puborectalis beschikbaar in de vorm van een masker, gemaakt in MeVisLab (version 2.6.1 MeVis Medical Solution AG, Bremen, Germany). Met behulp van dit masker kon een uitsnede van de m. puborectalis gemaakt worden. In figuur 4 zijn de echobeelden van proefpersoon 3 in het frontale, sagittale en axiale vlak en het masker in het axiale vlak weergegeven.



Figuur 4: Echobeelden van de m. puborectalis. A: Axiaal vlak. B: Sagittaal vlak. C: Frontaal vlak. D: Masker van de m. puborectalis in het axiale vlak.

Voor de analyse van de ultrasound beelden is een protocol opgesteld. In de analyse is een functie van de m. puborectalis en een functie voor de kromming van de ultrasound probe opgesteld. In Matlab is de x-slice bepaald waar de sagittale doorsnede van de m. puborectalis het grootst is. In deze slice zijn door de onderzoeker twee punten geplaatst aan de linkerzijde van de spier. Met behulp van deze twee punten is de helling van de spier bepaald. Vervolgens is met deze helling een lineaire functie in het midden van de

m. puborectalis opgesteld (zie: figuur 5). Daarbij is aangenomen dat de m. puborectalis een lineair verloop heeft van het os pubis naar het rectum. Voor de kromme van de ultrasound probe zijn punten op de kromme geplaatst, waaruit een functie is opgesteld. Dit is gedaan in de middelste sagittale slice. De punten werden door de onderzoeker in het ultrasound beeld langs de kromming van de probe zo dicht mogelijk naast elkaar geplaatst, om zo een functie te krijgen die overeenkomt met de kromming van de probe.



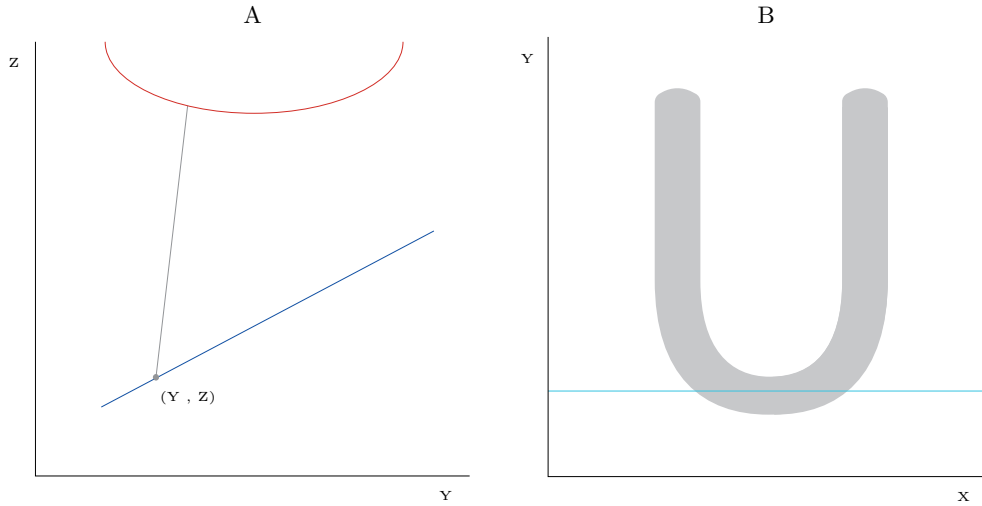
Figuur 5: Schematische weergave van het echobeeld in het sagittale vlak, waarbij het masker van de m. puborectalis is weergegeven. Hierbij zijn twee punten (Y_1, Z_1) en (Y_2, Z_2) aan de linkerkant van de spier geplaatst. Met behulp van deze twee punten is de helling bepaald. Vervolgens is met deze helling een lineaire functie in het midden van de m. puborectalis opgesteld.

De diepte is gedefinieerd als de weg die de ultrasound golven afleggen van de ultrasound probe naar de m. puborectalis. Aangenomen is dat de ultrasound golven de probe loodrecht verlaten. Hierdoor is de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe de afstand loodrecht van de probe tot de spier. Op de kromme van de ultrasound probe is op elke positie het differentiaalquotiënt bepaald. Met behulp van het differentiaalquotiënt is op elke positie van de kromme van de probe de loodlijn opgesteld. Vervolgens zijn de snijpunten van de loodlijnen met de functie van de spier bepaald. Het verschil tussen het snijpunt en de positie op de kromme van de ultrasound probe is de diepte (zie: figuur 6A). Bij elke diepte is een bijbehorende intensiteit berekend. De intensiteit is berekend op een lijnsegment van de m. puborectalis in het axiale vlak. De snijpunten van de loodlijnen met de functie van de spier hebben een Z en Y coördinaat (zie: figuur 6A). Het Z coördinaat bepaalt de Z-slice die gebruikt wordt voor het axiale vlak. Het Y coördinaat bepaalt de Y positie van het lijnsegment in het axiale vlak (zie: figuur 6B). Vervolgens is de gemiddelde intensiteit op dit lijnsegment van de m. puborectalis bepaald (in het vervolg aangeduid met ISP). De diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe is tegen de bijbehorende ISP uitgezet.

Voor elke proefpersoon in zowel rust als contractie is de Pearson's correlatiecoëfficiënt (r) tussen de diepte en de ISP berekend met behulp van vergelijking 3.

$$r = \frac{\sum_i (d_i - \bar{d})(ISP_i - \overline{ISP})}{\sqrt{\sum_i (d_i - \bar{d})^2 \sum_i (ISP_i - \overline{ISP})^2}} \quad (3)$$

Waarbij ISP de gemiddelde intensiteit op een lijnsegment van de m. puborectalis is, d de diepte, $\overline{ISP}$ de gemiddelde ISP en $\bar{d}$ de gemiddelde diepte van de m. puborectalis. Met behulp van een statistische toets (zie: bijlage A) is gekeken of er bewezen geacht mag worden dat de variabelen diepte en ISP afhankelijk van elkaar zijn ($\alpha = 5\%$). Als uit de toets bepaald is dat de ISP en diepte afhankelijk van elkaar zijn is er een trendlijn door de resultaten van de diepte tegen de ISP getrokken. Voor elke trendlijn kan een helling bepaald worden. Met behulp van een ongepaarde t-toets in SPSS v. 23 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) is bepaald of de hellingen in rust en contractie significant van elkaar verschillen. Uit de ongepaarde t-toets komt een p-waarde. Als deze p-waarde kleiner of gelijk is aan 0,05 dan is er een significant verschil tussen de hellingen in rust en in contractie. Daarnaast is er gekeken naar de gemiddelde diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe en de MEP. De MEP is bepaald door de gemiddelde intensiteit van de hele m. puborectalis te berekenen. Vervolgens is met SPSS de Pearson's correlatiecoëfficiënt van de gemiddelde diepte en de MEP bepaald. SPSS bepaalt ook een p-waarde. Als deze p-waarde kleiner of gelijk is aan 0,05 dan is er een significant verband tussen de gemiddelde diepte en de MEP. Dit betekent dat er een correlatie is tussen de twee variabelen.



Figuur 6: A: Schematische weergave van het echobeeld in het sagittale vlak waarbij de kromme van de ultrasound probe (rood), de functie van m. puborectalis (blauw) en de loodlijn (grijs) is weergegeven. (Y,Z) is het snijpunt van de loodlijn met de functie van de spier. B: Schematische weergave van de m. puborectalis in het axiale vlak (U-vorm). Waarbij het Z-coördinaat uit het sagittale vlak de specifieke Z-slice bepaald. Het Y-coördinaat uit het sagittale vlak bepaalt het lijnsegment in het axiale vlak (lichtblauw).

2.2. Resultaten

In figuur 7A is de diepte van de m. puborectalis tegen de ISP uitgezet voor proefpersoon 3 in rust. Dit figuur is voor elke proefpersoon in zowel rust als contractie gemaakt. In het figuur is te zien dat naarmate de diepte toeneemt de ISP afneemt. Deze trend is bij alle proefpersonen in zowel rust als contractie waargenomen. In het figuur is een lichte s-vorm zichtbaar, deze vorm is bij vrijwel alle proefpersonen in meer of mindere mate zichtbaar.

Met behulp van de Pearson's correlatiecoëfficiënt is gekeken of er een correlatie is tussen de diepte van de m. puborectalis en de ISP. De Pearson's correlatiecoëfficiënten zijn weergegeven in tabel 1. De gemiddelde correlatiecoëfficiënt in rust is $-0,71$ ($SD \pm 0,432$) en in contractie $-0,82$ ($SD \pm 0,114$). Met behulp van een statistische toets (zie: bijlage A) is er voor elke proefpersoon in zowel rust als contractie, met uitzondering van proefpersoon 4 in contractie, bewezen dat de diepte en de ISP afhankelijk van elkaar zijn. Voor deze proefpersonen mag er dus een trendlijn door de resultaten getrokken worden (zie: figuur 7B).

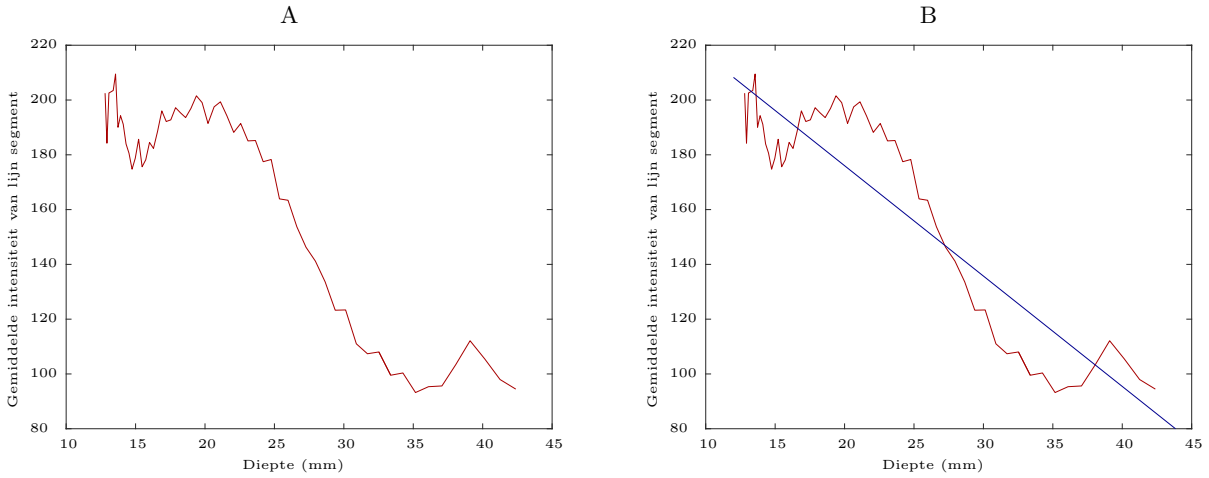
Opmerkelijk is dat de correlatiecoëfficiënt van proefpersoon 4, in zowel rust als contractie, in tegenstelling tot de andere proefpersonen positief is en dus een positief lineair verband aantoont. Dit is ook zichtbaar wanneer de diepte tegen de ISP van proefpersoon 4, in zowel rust als contractie, tegen elkaar uitgezet wordt (zie: B). In tegenstelling tot de andere proefpersonen neemt de ISP toe naarmate de m. puborectalis dieper komt te liggen. Opvallend is ook dat de ISP van proefpersoon 4 laag begint en dan sterk toeneemt.

Tabel 1: De Pearson's correlatiecoëfficiënt weergegeven voor elke proefpersoon in zowel rust als contractie. Deze geeft de maat van eventuele correlatie tussen de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe en de gemiddelde intensiteit op een lijnsegment van de m. puborectalis (ISP) weergeeft. De correlatiecoëfficiënt is voor elke proefpersoon in rust en contractie weergegeven.

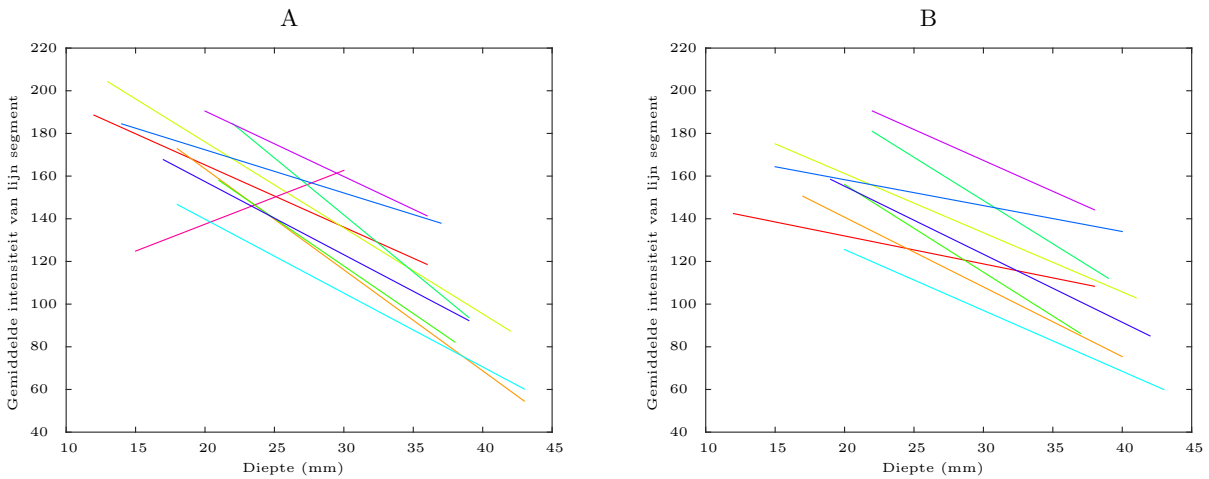
		Proefpersoon									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pearson's	Rust	-0,859	-0,833	-0,916	0,768	-0,835	-0,871	-0,923	-0,869	-0,856	-0,879
Correlatie-	Contractie	-0,570	-0,869	-0,883	0,244	-0,867	-0,89	-0,837	-0,688	-0,880	-0,896
coëfficiënt											

In figuur 8A zijn de trendlijnen in rust en in figuur 8B zijn de trendlijnen in contractie weergegeven. In rust liggen de trendlijnen minder verspreid dan bij contractie. De gemiddelde helling van de trendlijnen van alle proefpersonen in rust is $-3,094$ ($SD \pm 2,197$). De gemiddelde helling van de trendlijnen van alle proefpersonen in contractie, behalve proefpersoon 4, is $-2,852$ ($SD \pm 1,023$) (zie: tabel 2). De p-waarde van de ongepaarde t-toets is $0,767$, hieruit blijkt dat de hellingen in rust en in contractie niet significant van elkaar verschillen.

Daarnaast is ook gekeken naar de gemiddelde diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe en de MEP. De Pearson's correlatiecoëfficiënt van de gemiddelde diepte en MEP is $-0,370$. De p-waarde is $0,108$, wat betekent dat er niet bewezen is dat de gemiddelde diepte en de MEP een significant verband vertonen.



Figuur 7: A: De gemiddelde intensiteit op een lijnsegment van de m. puborectalis (ISP) uitgezet tegen de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe. De intensiteit en diepte hebben een correlatie van $-0,9160$ met behulp van een statistische toets is er bewezen dat er een trendlijn met deze Pearson's correlatiecoëfficiënt getrokken mag worden. B: De ISP tegen de diepte van de m. puborectalis met de bijbehorende trendlijn.



Figuur 8: De trendlijnen getrokken uit de gemiddelde intensiteit op een lijnsegment van de m. puborectalis (ISP) tegen de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe. A: De trendlijnen van alle proefpersonen in rust. B: De trendlijnen van alle proefpersonen, behalve proefpersoon 4, in contractie. De trendlijn van proefpersoon 4 in contractie is niet weergegeven, omdat deze een te lage Pearson's correlatiecoëfficiënt heeft.

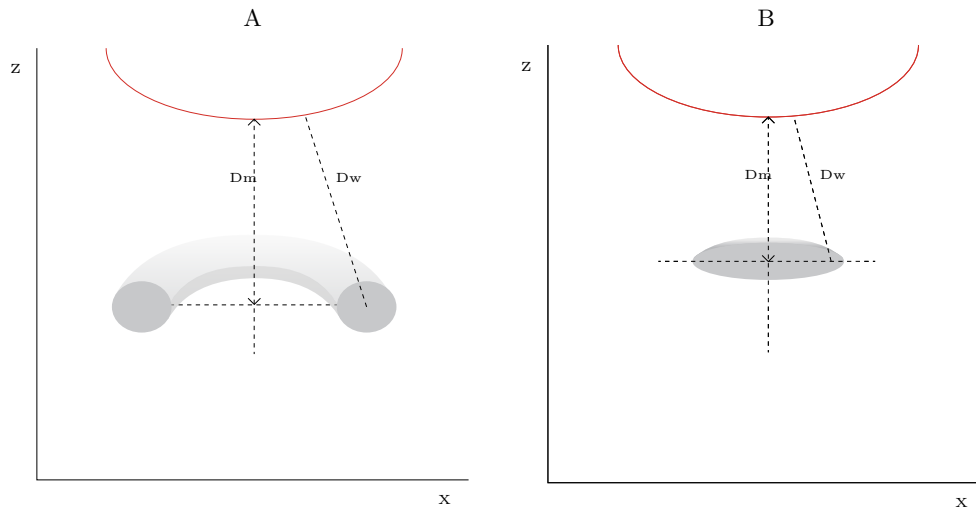
Tabel 2: De gemiddelde hellingen van de trendlijnen in rust en in contractie met bijbehorende standaard deviatie van alle tien de proefpersonen, met uitzondering van proefpersoon 4 in contractie.

	Rust	Standaard deviatie	Contractie	Standaard deviatie
Gemiddelde helling van de trendlijnen	-3,094	$\pm 2,197$	-2,852	$\pm 1,023$

2.3. Discussie

De ISP is afhankelijk van de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe. Bij het bepalen van de Pearson's correlatiecoëfficiënt zijn veel datapunten meegenomen waardoor deze vrij nauwkeurig bepaald is. De ISP neemt bij alle proefpersonen, met uitzondering van proefpersoon 4, ongeveer gelijk af naarmate de spier dieper komt te liggen. De hellingen in rust en in contractie verschillen niet significant van elkaar.

Om de resultaten te waarderen moeten er een aantal beperkingen van de studie besproken worden. In de figuren waarin de ISP tegen de diepte is uitgezet, is bij elke proefpersoon in zowel rust als contractie, in meer of mindere mate een s-vorm zichtbaar. De s-vorm zou mogelijk verklaard kunnen worden door een systematische fout bij het meten van de diepte. De diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe is namelijk gemeten in 2D beelden, waarbij alleen gekeken is naar de kromming van de probe in het sagittale vlak. De ultrasound probe heeft echter ook een kromming in het frontale vlak (zie: figuur 9A). In de 2D beelden is de diepte berekend (D_m), de afstand tussen het midden van de probe en het midden van de m. puborectalis in het frontale vlak. Dit is niet de werkelijke diepte die de ultrasound golven afleggen. De werkelijke diepte (D_w) is de afstand loodrecht van de probe tot de positie waar de spier werkelijk ligt (zie: figuur 9A). D_m verschilt daardoor van D_w . Dit verschil wordt kleiner wanneer de twee spierzijden bij elkaar komen (zie: figuur 9B). Op de positie waar de spierzijden bij elkaar zijn gekomen klopt de berekende ISP dus beter met de berekende diepte dan op de positie waar de twee spierzijden nog uit elkaar liggen. Hierdoor zou mogelijk verklaard kunnen worden dat de ISP op de grootste diepte, aan de zijde bij het rectum, weer toeneemt. Deze systematische fout kan de s-vorm aan de zijde van het rectum verklaren. Dit geldt niet voor de s-vorm aan de zijde van het os pubis. Dit kan mogelijk verklaard worden door de overgang van het os pubis naar het spierweefsel. Bij het intekenen van de m. puborectalis in MeVisLab is het lastig om de grens tussen de m. puborectalis en de aanhechting aan het os pubis te zien. Hierdoor zou op minimale diepte de ISP mogelijk nog niet van de m. puborectalis zijn, terwijl dit wel zo is aangenomen.



Figuur 9: Schematische weergave van het ultrasound beeld in het frontale vlak waarbij de kromming van de ultrasound probe en de m. puborectalis is weergegeven. Hierbij is in figuur A de m. puborectalis sagittaal doorgesneden dicht bij het os pubis en is in figuur B de m. puborectalis sagittaal doorgesneden bij het rectum. D_m is de diepte die in berekend in Matlab. Deze diepte is mid-frontaal in het sagittale vlak berekend. D_w is de werkelijk diepte die de ultrasound golven van de probe tot de m. puborectalis afleggen.

Aangenomen is dat de ultrasound golven de probe loodrecht verlaten. De piëzo-elektrische kristallen zouden niet helemaal loodrecht op de kromming van de probe kunnen liggen.

In de resultaten is naar voren gekomen dat de waarden van proefpersoon 4 afwijken van de waarden van de andere proefpersonen. De Pearson's correlatiecoëfficiënt is in zowel rust als contractie positief. Dit betekent dat de intensiteit toeneemt naarmate de diepte groter wordt. Daarnaast is met behulp van de statistische toets aangetoond dat er geen correlatie is tussen de ISP en de diepte bij proefpersoon 4 in contractie. De afwijkende waarden van proefpersoon 4 zijn mogelijk te verklaren door een ander verloop van de spier. De m. puborectalis van proefpersoon 4 heeft minder diepteverschil (maximale diepte - minimale diepte) dan de m. puborectalis van de andere proefpersonen. Het diepteverschil van proefpersoon 4 is namelijk gemiddeld 15 mm en het diepteverschil van alle andere proefpersonen is gemiddeld 21 mm. Daarnaast begint de ISP van proefpersoon 4 laag en neemt dan sterk toe (zie: bijlage B). Dit is waarschijnlijk een meetfout waarbij op een bepaalde diepte niet de juiste ISP is gemeten.

Uit de resultaten blijkt dat de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe invloed heeft op de ISP. Dit verband is niet significant aangetoond wanneer gekeken wordt naar de gemiddelde diepte van de m. puborectalis en de MEP. Bij het berekenen van de Pearson's correlatiecoëfficiënt zijn maar twintig meetpunten gebruikt. De correlatiecoëfficiënt ligt echter wel dicht bij nul, waardoor verwacht wordt dat bij een grotere onderzoeksgroep ook geen significante correlatie gevonden wordt.

In conclusie, de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe heeft invloed op de ISP. Daarnaast zorgt de contractie van het spierweefsel niet voor een grotere afname van de intensiteit bij eenzelfde toename van de diepte. Het verband tussen de diepte en de intensiteit is niet aangetoond, wanneer er wordt gekeken naar de gemiddelde diepte van de m. puborectalis en de MEP.

3. De invloed van de hoek van de m. puborectalis op de MEP

In dit hoofdstuk wordt de volgende deelvraag besproken: Wat is de invloed van de hoek van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe op de MEP? De hoek is bepaald voor alle proefpersonen in zowel rust als contractie, omdat mogelijk de contractie van het spierweefsel de intensiteit beïnvloedt (zie: paragraaf 2.1).

3.1. Methode

Om de hoek van de m. puborectalis ten opzichte van de probe te bepalen, is de functie van de spier bepaald volgens het protocol voor alle proefpersonen in zowel rust als contractie (zie: paragraaf 2.1). De hoek (in graden) die is bepaald, is de hoek die de functie van de spier maakt met de horizontale lijn getrokken door het os pubis in het sagittale vlak (zie: figuur 6A). Met SPSS is de Pearson's correlatiecoëfficiënt bepaald. Met behulp van deze correlatiecoëfficiënt is gekeken of er een verband is tussen de hoek van de m. puborectalis en de MEP. SPSS berekent ook een p-waarde, wanneer deze kleiner of gelijk is aan 0,05 is er een significante correlatie tussen de hoek en de MEP.

3.2. Resultaten

In tabel 3 zijn de MEP en de hoek die de m. puborectalis met de probe maakt weergegeven in zowel rust als contractie. Met behulp van de Pearson's correlatiecoëfficiënt is gekeken of er een correlatie is tussen de hoek die de m. puborectalis maakt met de probe en de MEP. De Pearson's correlatiecoëfficiënt is 0,05. De p-waarde is 0,85. Dit betekent dat er geen significant verband is tussen de hoek en de MEP.

Tabel 3: De hoek (in graden) van de m. puborectalis ten opzicht van de probe en de gemiddelde echo intensiteit van de m. puborectalis (MEP) in rust en contractie van alle tien de proefpersonen.

		Proefpersoon									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rust	Hoek (graden)	38,7	22,6	26,6	15,8	14,7	16,1	18,4	22,6	34,3	17,1
	MEP	153,14	105,76	152,61	145,12	126,29	156,29	107,24	158,83	134,50	173,78
Contractie	Hoek (graden)	58,8	17,9	32,6	22,1	22,6	18,4	24,4	29,5	20,1	17,5
	MEP	138,14	107,87	140,10	135,17	130,24	153,78	103,57	151,77	131,60	169,33

3.3. Discussie

Er is geen correlatie aangetoond tussen de hoek die de m. puborectalis maakt met de ultrasound probe en de MEP. In deze studie is aangenomen dat de m. puborectalis lineair loopt, maar in de praktijk komt dit mogelijk niet helemaal overeen. Dit zou dus kunnen betekenen dat de hoek niet over de gehele lengte van

de m. puborectalis gelijk is, wat eventueel een andere MEP zou geven. De hoek zou ook berekend kunnen worden vanuit de loodlijnen vanaf de probe, hier zou een gemiddelde hoek uit berekend kunnen worden. Deze hoek zou kunnen afwijken van de berekende hoek. Ook zou de ene spierzijde onder een andere hoek kunnen liggen dan de andere spierzijde. Hier is geen rekening mee gehouden. Daarnaast is er een dataset van enkel tien proefpersonen gebruikt. De Pearson's correlatiecoëfficiënt is echter dusdanig laag dat ook met een grotere onderzoeksgroep verwacht wordt dat er geen correlatie zal zijn.

In conclusie, de hoek van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe heeft geen invloed op de MEP.

4. Onderzoek naar de invloed van de hoek en de diepte van de m. puborectalis voor het verschil in MEP bij verschillende wijze van bevallen

In dit hoofdstuk wordt de volgende deelvraag besproken: Kunnen de hoek en de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe het verschil in de MEP verklaren wat gevonden is bij proefpersonen die vaginaal bevallen zijn ten opzichte van proefpersonen die bevallen zijn met behulp van een secundaire sectio? De twee groepen zijn met elkaar vergeleken aan de hand van de gemiddelde waarden van de hoek, de diepte en de MEP, waarbij alleen naar de waarden in contractie is gekeken. Dit wordt gedaan, omdat in het onderzoek van Grob et al. [6] alleen een significant verschil in MEP in contractie is waargenomen.

4.1. Methode

Om deze vraag te beantwoorden is het gemiddelde van de hoek, diepte en MEP berekend voor de proefpersonen die vaginaal bevallen zijn en de proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio bevallen zijn (zie: paragraaf 2.1). De waarden van de gemiddelde hoek, diepte en MEP tussen de twee groepen zijn vervolgens in SPSS met elkaar vergeleken aan de hand van een ongepaarde t-toets. Uit deze toets komt een p-waarde, wanneer deze kleiner of gelijk is aan 0,05 is er een significant verschil tussen de gemiddelde MEP, hoek en diepte bij de twee groepen. Vervolgens zijn de trendlijnen van de proefpersonen uit de twee groepen met elkaar vergeleken. Voor beide groepen is de gemiddelde helling berekend. Met behulp van een ongepaarde t-toets is gekeken of de gemiddelde hellingen significant van elkaar verschillen. Uit deze toets komt een p-waarde, wanneer deze kleiner of gelijk is aan 0,05 is er een significant verschil tussen de gemiddelde hellingen van de twee onderzoeksgroepen. Tevens is bij alle t-toetsen een effect grootte gemeten. Een effect grootte boven de 0,5 geeft enige klinische relevantie weer.

4.2. Resultaten

In tabel 4 zijn de gemiddelde MEP, hoek en diepte in contractie van alle proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en alle proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen weergegeven. Daarnaast is de p-waarde weergegeven. Uit de p-waarde blijkt dat de gemiddelde MEP en de gemiddelde hoek niet significant verschillen bij proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen met beide een effect grootte van 0,29. De gemiddelde diepte verschilt echter wel significant (effect grootte is 0,60). In tabel 4 is, zoals verwacht volgens het onderzoek van Grob et. al [6], te zien dat de gemiddelde MEP bij proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio bevallen zijn lager ligt dan bij proefpersonen die vaginaal bevallen zijn. Ook is te zien dat de m. puborectalis bij een secundaire sectio minder diep ligt dan bij een vaginale bevalling. Daarnaast is de gemiddelde hoek bij proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio bevallen zijn groter dan bij proefpersonen die vaginaal bevallen zijn.

In figuur 10A zijn de trendlijnen in contractie van alle proefpersonen die vaginaal zijn bevallen weergegeven. In figuur 10B zijn de trendlijnen in contractie van alle proefpersonen, behalve proefpersoon 4, die met een

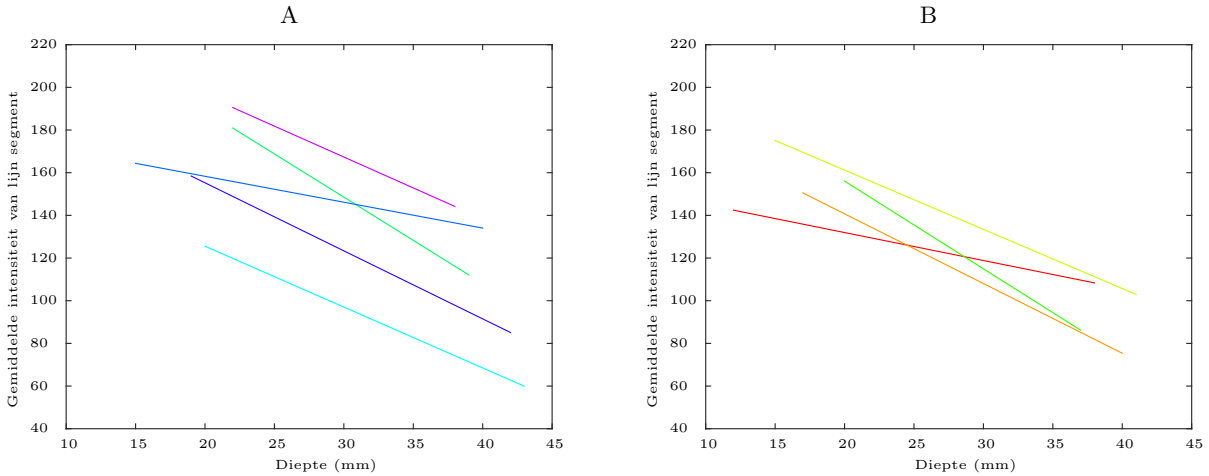
secundaire sectio zijn bevallen weergegeven. In de figuren is zichtbaar dat de trendlijnen bij de proefpersonen die vaginaal zijn bevallen meer verspreid liggen. Daarnaast liggen de trendlijnen van de proefpersonen die vaginaal zijn bevallen meer naar rechts en dus dieper. De gemiddelde helling van de trendlijnen in contractie van alle vijf de proefpersonen die vaginaal zijn bevallen is -2,840 (SD $\pm$ 1,029). De gemiddelde helling van de trendlijnen in contractie van alle vijf de proefpersonen, behalve proefpersoon 4, die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen is -2,866 (SD $\pm$ 1,174) (zie: tabel 5). De p-waarde, die berekend is met een ongepaarde t-toets, is 0,793. De hellingen van de proefpersonen die vaginaal zijn bevallen verschillen niet significant van de hellingen van de proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio bevallen zijn.

Tabel 4: De gemiddelde echo intensiteit van de m. puborectalis (MEP), hoek en gemiddelde diepte in contractie van alle proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en alle proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen. Daarnaast is de p-waarde weergegeven die bepaald is met een ongepaarde t-toets.

	Vaginale bevalling	Secundaire sectio	p-waarde
Gemiddelde MEP	142,01	130,30	0,385
Gemiddelde hoek (graden)	23,40	30,80	0,380
Gemiddelde diepte (mm)	27,25	24,17	0,043

Tabel 5: De gemiddelde hellingen van de trendlijnen in contractie van alle proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en alle proefpersonen, behalve proefpersoon 4, die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen.

	Vaginale bevalling	Standaard deviatie	Secundaire sectio	Standaard deviatie
Gemiddelde helling trendlijn	-2,840	$\pm$ 1,029	-2,866	$\pm$ 1,174



Figuur 10: De trendlijnen getrokken uit de gemiddelde intensiteit op een lijnsegment van de m. puborectalis (ISP) tegen de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe in contractie. A: De trendlijnen van alle proefpersonen die vaginaal bevallen zijn in contractie. B: De trendlijnen van alle proefpersonen, behalve proefpersoon 4, die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen in contractie. De trendlijn van proefpersoon 4 in contractie is niet weergegeven omdat deze een te lage correlatiecoëfficiënt heeft.

4.3. Discussie

Een significant verschil is aangetoond van de gemiddelde diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe tussen proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen. Voor de hoek en de MEP is geen significant verschil gevonden tussen de twee groepen. Zoals verwacht ligt de gemiddelde MEP bij een secundaire sectio lager dan bij een vaginale bevalling, maar dit verschil is niet significant. Uit het onderzoek van Grob et al. [6] zou de MEP mogelijk een voorspellende waarde kunnen zijn voor de wijze van bevallen. De effectgrootte in het onderzoek van Grob et al. [6] voor het verschil in MEP bij een vaginale bevalling ten opzichte van de secundaire sectio is 0,9. Een effectgrootte van 0,8 of hoger wordt als klinisch relevant gezien. De effectgrootte in het onderzoek van Grob et al. [6] is echter niet groot genoeg om dit effect bij kleinere onderzoeksgroepen ook te zien. Dit kan dus verklaren dat de gemiddelde MEP's in deze studie niet significant van elkaar verschillen. Er kan geen conclusie getrokken worden over de invloed van de gemiddelde diepte en de hoek op de MEP bij proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen, omdat de MEP tussen de twee groepen niet significant van elkaar verschilt.

Opmerkelijk is dat de gemiddelde diepte van de m. puborectalis bij proefpersonen die bevallen zijn met behulp van een secundaire sectio lager ligt dan bij de proefpersonen die vaginaal zijn bevallen. Zoals benoemd in paragraaf 2.3 neemt de ISP af naarmate de m. puborectalis dieper komt te liggen. Bij een secundaire sectio ligt de m. puborectalis minder diep terwijl de gemiddelde MEP juist lager ligt. Er zou juist verwacht worden dat de m. puborectalis dieper ligt bij vrouwen die met behulp van een secundaire sectio bevallen omdat de gemiddelde MEP lager ligt. Dit komt echter niet uit de resultaten.

Uit de resultaten in figuur 10 blijkt ook dat de hellingen bij proefpersonen die vaginaal bevallen zijn

meer verspreid liggen dan de hellingen van proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio bevallen zijn. Mogelijk ligt dit aan de verhouding collageen en spiercellen in de m. puborectalis. Op dit moment wordt gedacht dat vrouwen die met behulp van een secundaire sectio bevallen een andere verhouding spiercellen/collageen hebben dan vrouwen die vaginaal bevallen [6]. Het aantal spiercellen ten opzichte van collageen zou bij vrouwen die met behulp van een secundaire sectio bevallen hoger zijn dan bij vrouwen die vaginaal bevallen. Gedacht wordt dat bij deze vrouwen minder collageen wordt gevormd waardoor de m. puborectalis minder kan verweken en vaginaal bevallen moeilijk wordt. De hoeveelheid collageen heeft een grote invloed op de echo intensiteit. Een grotere hoeveelheid collageen bij vrouwen die vaginaal bevallen zou mogelijk een verklaring kunnen zijn voor de spreiding die te zien is in figuur 10.

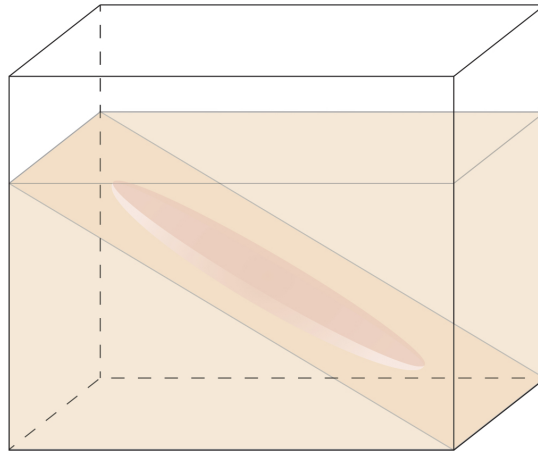
Uit de resultaten kan niet geconcludeerd worden of de hoek en de gemiddelde diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe het verschil in de MEP bij proefpersonen die vaginaal bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio bevallen kunnen verklaren.

5. Validatie van het effect van de diepte van de m. puborectalis op de echo intensiteit met behulp van een fantoom

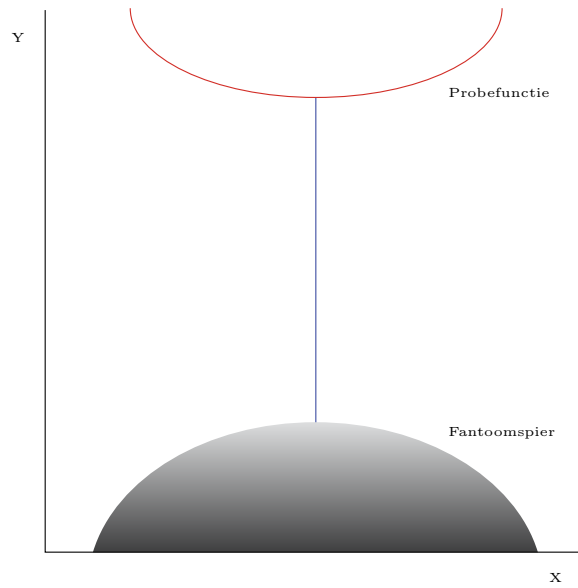
In dit hoofdstuk wordt de volgende deelvraag besproken: In hoeverre kan het effect van de diepte van de m. puborectalis op de echo intensiteit gevalideerd worden met behulp van een fantoom? Door gebruik te maken van een fantoom met een simulatiespier op een bekende diepte is het mogelijk het Matlab script te valideren. Deze validatie is van belang om correcte conclusies te kunnen trekken.

5.1. Methode

Het fantoom is opgebouwd uit gelatinemengsel en een stuk kipfilet die de spier simuleert. Het gelatinemengsel heeft een verhouding van 80 gram gelatine-poeder op één liter water. Om de kipfilet op verschillende diepten te krijgen, is het fantoom uit twee lagen opgebouwd. De eerste laag is gemaakt door het gelatinemengsel in een bak te doen en deze bak schuin te zetten, zodat de gelatine uit kan harden met een schuin oppervlak. Na het uitharden van de eerste laag gelatine is de kipfilet op deze laag geplaatst en is vervolgens een tweede laag gelatine over de eerste laag en de kip heen gegoten (zie: figuur 11). Nadat ook de tweede laag was uitgehard zijn er zeven ultrasound beelden gemaakt met afnemende diepte. Het gebruikte ultrasoundapparaat was een Siemens Acuson S1000 met een convexe probe (6C2). De diepte was ingesteld op 9 cm en de time dependant gain was op de middelste waarde ingesteld en is gelijk gehouden voor iedere meting. Met behulp van het fantoom is het Matlab script gevalideerd.



Figuur 11: Schematische weergave van de fantoomopstelling, hierin is de simulatiespier (kipfilet) te midden van twee lagen gelatine te zien. De gelatinelagen hebben eenzelfde samenstelling.



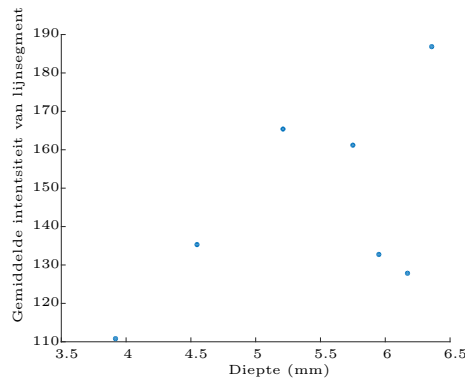
Figuur 12: Schematische weergave van het echobeeld van de simulatiespier waarbij de kromme van de ultrasound probe (rood), simulatiespier en loodlijn op het minimale punt van de ultrasound kromme (blauw) is weergegeven.

De diepte is bepaald in Matlab door een lijn te trekken vanaf het minimum van de probe functie loodrecht naar beneden totdat deze het oppervlak van de simulatiespier raakt (zie: figuur 12). Het oppervlakte van de simulatiespier is in Matlab bepaald door het punt te nemen waar de grijswaarde sterk toenam. Van de lijn tussen de probe functie en de simulatiespier is de lengte bepaald door het aantal pixels van deze lijn te delen door het totale aantal pixels, verticaal in het ultrasound beeld. Deze verhouding is vermenigvuldigd met de 9 cm die was ingesteld op het ultrasound apparaat. Hieruit kwam vervolgens een waarde voor de diepte van de simulatiespier. Het ultrasound apparaat heeft een functie waarbij tussen twee punten de afstand bepaald kan worden. Deze functie is gebruikt om vanuit het minimum van de probe functie de diepte naar de simulatiespier te bepalen. De diepte die berekend is met Matlab en de diepte die bepaald is met behulp van het ultrasound apparaat zijn verwerkt in SPSS. Met een ICC toets (two way mixed) is gekeken of er een significant verschil is tussen de waardes van de diepte die uit Matlab zijn gekomen en de waardes die bepaald zijn met het ultrasound apparaat.

Daarnaast is de intensiteit van de simulatiespier bepaald. Dit is gedaan door in Matlab de gemiddelde grijswaarde van 10 pixels vlak onder het oppervlak van de simulatiespier te berekenen. De berekeningen van de diepte en de gemiddelde intensiteit zijn bij alle zeven metingen uitgevoerd. Vervolgens is de diepte tegen de gemiddelde intensiteit uitgezet en is er gekeken of er een verband is tussen deze twee parameters. Hierbij is de Pearson's correlatiecoëfficiënt berekend. SPSS geeft ook een p-waarde. Als deze p-waarde kleiner of gelijk is aan 0,05 dan is er een significant verband tussen de diepte en de gemiddelde intensiteit. Dit betekent dat er een correlatie is tussen de twee variabelen.

5.2. Resultaten

De diepte die uit Matlab is gekomen verschilt niet significant van de diepte die met behulp van de ultrasound is gemeten. Er komt hier namelijk een ICC van 0,996 uit met een 95%- betrouwbaarheidsinterval van 0,976 - 0,999. De diepte van de simulatiespier ten opzichte van de probe is in figuur 13 uitgezet tegen de gemiddelde intensiteit. In het figuur is te zien dat de gemiddelde intensiteit eerst redelijk lineair lijkt toe te nemen. Naarmate de simulatiespier dieper komt te liggen is dit verband niet meer te zien. Ook is de Pearson's correlatiecoëfficiënt tussen de diepte van de simulatiespier en de gemiddelde intensiteit berekend, hier komt een waarde van 0,567 uit. De p-waarde is 0,184. De gemiddelde intensiteit van de simulatiespier toont dus geen correlatie met de diepte van de simulatiespier ten opzichte van de probe.



Figuur 13: De gemiddelde intensiteit uitgezet tegen de diepte van het fantoom.

5.3. Discussie

Met behulp van het fantoom is er aangetoond dat uit Matlab betrouwbare waardes komen voor de diepte van de simulatiespier. Het Matlab script berekend dus een correcte diepte en aangenomen wordt dat de diepte berekend in het script voor de m. puborectalis ook klopt.

Voor de waardes die voor de gemiddelde intensiteit gegeven worden uit Matlab ligt dit anders. Wanneer de diepte tegen de gemiddelde intensiteit wordt uitgezet komt er geen verband uit terwijl er wel een evenredig verband verwacht werd. Dit ligt niet aan de waardes van de diepte aangezien deze vergeleken zijn met de werkelijke waardes en deze niet significant van elkaar verschillen. De waardes voor de gemiddelde intensiteit zouden niet correct kunnen zijn of het fantoom is misschien niet geschikt voor een validatie. Dit zou kunnen komen doordat er gekozen is voor een stuk kipfilet als simulatiespier. Deze simulatiespier zou een structuur kunnen hebben die niet egaal genoeg is om deze meting op te kunnen doen. Daarnaast is de gemiddelde intensiteit bepaald op een lijnsegment van tien pixels. Dit is een intensiteit die niet volledig overeenkomt met de werkelijke gemiddelde intensiteit. Daarnaast is ook geen rekening gehouden met de akoestische impedantie van de materialen, omdat bij beide metingen een ander ultrasound apparaat, andere probe en een andere frequentie is gebruikt.

In conclusie, met behulp van het fantoom is de diepte, die wordt berekend in Matlab, gevalideerd. Daarnaast is er geen verband aangetoond tussen de diepte en de gemiddelde intensiteit van de simulatiespier.

6. Reproduceerbaarheid van de studie

In dit hoofdstuk wordt de reproduceerbaarheid van deze studie besproken. Er wordt gebruik gemaakt van de intraclass correlatiecoëfficiënt (ICC) om intra- en interbeoordelaar overeenkomsten te bepalen.

6.1. Methode

Voor de reproduceerbaarheid van deze studie is voor de verkregen data uit Matlab de intra- en interbeoordelaar overeenkomst bepaald. De hoek, de gemiddelde diepte en de probe functie zijn door twee dezelfde en door twee verschillende beoordelaars in Matlab bepaald volgens het protocol (zie: paragraaf 2.1). De verkregen resultaten zijn vervolgens met behulp van SPSS geanalyseerd. Een 95% betrouwbaarheidsinterval is gebruikt, omdat de onderzoeksgroep klein was. Bij de intrabeoordelaar overeenkomst is gebruik gemaakt van het two way mixed model. Bij de interbeoordelaar overeenkomst zijn de beoordelaars willekeurig gekozen, daarom is gebruik gemaakt van het two way random model. Aan de hand van tabel 6 zijn de verkregen resultaten geclassificeerd.

Tabel 6: De classificering van de intraclass correlatiecoëfficiënt (ICC) voor de sterkte van overeenkomst [19].

Intraclass correlatie	Classificering
0,00 - 0,20	Zwak
0,21 - 0,4	Gering
0,41 - 0,6	Matig
0,61 - 0,8	Redelijk
0,81 - 1,0	Goed

6.2. Resultaten

De ICC voor de intra- en interbeoordelaar overeenkomsten zijn weergegeven in tabel 7. Alle ICC's worden geclassificeerd als goed, behalve de interobserver ICC voor de probe functie. Deze wordt geclassificeerd als redelijk. Daarnaast is gekeken naar de interbeoordelaar overeenkomst van de hoek, bepaald met Matlab en Mevislab. De ICC's worden geclassificeerd volgens de verdeling in tabel 6. De ICC van de hoek uit Matlab en uit Mevislab is 0,963 (95% BI: 0,873 - 0,988). Deze ICC wordt als goed geclassificeerd.

Tabel 7: De ICC voor de intra- en interbeoordelaar overeenkomsten van zowel de hoek, de gemiddelde diepte als de probe functie bepaald in Matlab.

Variabele	Intrabeoordelaar		Interbeoordelaar	
	ICC	95% BI	ICC	95% BI
Hoek	0,990	0,976 - 0,996	0,995	0,988 - 0,998
Gemiddelde diepte	0,969	0,925 - 0,988	0,868	0,700 - 0,945
Probefunctie	0,818	0,595 - 0,924	0,784	0,534 - 0,908

6.3. Discussie

Uit de resultaten blijkt dat de verschillen tussen eenzelfde beoordelaar en een andere beoordelaar gering zijn. Daarnaast komen de hoeken in Matlab overeen met de hoeken uit MeVisLab. Voor de validiteit van het onderzoek is het belangrijk dat de intra- en interbeoordelaar overeenkomst hoog is. In deze studie zijn de ICC's erg goed, wat betekent dat het onderzoek reproduceerbaar is. Zoals in voorgaande hoofdstukken naar voren is gekomen, was de onderzoekspopulatie in deze studie erg klein. Dankzij de hoge ICC's kan deze studie wel herhaald worden met een grotere onderzoekspopulatie. Dit geeft ook een indicatie dat het vooraf opgestelde protocol werkt.

In conclusie, deze studie is reproduceerbaar.

Discussie

De gemiddelde diepte van de m. puborectalis heeft geen invloed op de MEP. De diepte van de m. puborectalis heeft echter wel invloed op de ISP. Dit is een opvallende conclusie aangezien de gemiddelde dieptes tussen de proefpersonen dus geen effect hebben, maar verschillende dieptes in één proefpersoon wel effect hebben. Dit zou te verklaren kunnen zijn doordat de gemiddelde diepte van de m. puborectalis tussen de proefpersonen redelijk dicht bij elkaar ligt en dus geen invloed heeft op de MEP. Uit de resultaten van deelvraag 2 is gekomen dat de hoek geen invloed heeft op de MEP. De hoek en de gemiddelde diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe hebben dus geen invloed op de MEP.

Bij de vergelijking tussen de proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en de proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen verschilt de MEP niet significant. Hierdoor kan op basis van deze resultaten geen conclusie getrokken worden of de hoek en de gemiddelde diepte het verschil in MEP kunnen verklaren.

Als naar de resultaten van de eerste drie deelvragen samen gekeken wordt, kan met redelijke zekerheid gezegd worden dat de hoek en de gemiddelde diepte geen invloed hebben op de MEP. Hierdoor zullen de hoek en de gemiddelde diepte het gevonden verschil van de MEP bij proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen niet kunnen verklaren.

Deze conclusie is van klinische relevantie, omdat het laat zien dat de hoek en de gemiddelde diepte geen effect hebben op de MEP. Het maakt in de praktijk dus niet uit onder welke hoek de ultrasound probe gehouden wordt ten opzichte van de m. puborectalis. Het maakt ook niet uit of de m. puborectalis gemiddeld dieper ligt ten opzichte van de ultrasound probe. Het verschil in MEP tussen proefpersonen die vaginaal bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen wordt dus waarschijnlijk veroorzaakt door een verschil in ratio tussen de spiercellen en collageen [6].

Conclusie

De hoek en de gemiddelde diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de ultrasound probe hebben geen invloed op de MEP. De diepte van de m. puborectalis heeft wel invloed op de ISP. Hierdoor kan geen conclusie getrokken worden als het gaat om de invloed van de diepte op de echo intensiteit van de m. puborectalis. Er is dus geen alomvattende conclusie wat betreft de invloed van de oriëntatie van de m. puborectalis op de echo intensiteit van de m. puborectalis bij zwangere vrouwen.

Aanbevelingen

De MEP's van proefpersonen die vaginaal zijn bevallen en proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio zijn bevallen verschillen niet significant van elkaar. Om wel een significant verschil aan te kunnen tonen is een grotere onderzoeksgroep nodig. De grootte van deze groepen is berekend met een sample size calculator [20]. Daar komt uit dat voor zowel de groep proefpersonen die vaginaal bevallen als de groep proefpersonen die met behulp van een secundaire sectio bevallen uit minimaal 40 proefpersonen zou moeten bestaan.

Daarnaast zouden de ultrasound beelden driedimensionaal geanalyseerd moeten worden in plaats van tweedimensionaal, waarbij een paraboloïde van de probe nodig is. Bovendien zou de m. puborectalis niet als een lineaire functie gedefinieerd moeten worden, maar zou het werkelijke verloop van de m. puborectalis geanalyseerd moeten worden.

In de inleiding is benoemd dat de hoeveelheid perimysium invloed heeft op de echo intensiteit [2]. In deze studie is de invloed van het perimysium niet meegenomen. Mogelijk zijn de conclusies anders, wanneer er een correctiefactor voor de hoeveelheid perimysium wordt gebruikt. Het is lastig om een waarde te geven aan de hoeveelheid perimysium. Het is wel mogelijk om de patiënten onderling te schalen, waardoor er alsnog een correctie uitgevoerd kan worden. Dit zou in vervolgonderzoek meegenomen kunnen worden.

Glossarium

Dm	Diepte van de simulatiespier ten opzichte van van de probe, berekent in Matlab.
Dw	Werkelijke diepte van de simulatiespier ten opzichte van de probe.
ICC	De intraclass correlatiecoëfficiënt wordt gebruikt voor het kwantificeren van de mate van overeenstemming tussen twee (of meer) op (semi-)continue schaal herhaaldelijk gemeten waarden.
ISP	Intensiteit van een lijnsegment in het axiale vlak van de m. puborectalis.
m.	m. staat in de Latijnse nomenclatuur voor musculus. Hiermee wordt aangegeven dat het om een spier gaat.
Matlab	Technische softwareomgeving waarmee berekeningen automatisch uitgevoerd kunnen worden.
MEP	In de Angelsaksische literatuur wordt de gemiddelde echo intensiteit van de m. puborectalis MEP genoemd, dit staat voor mean echo intensity of puborectalis muscle.
MeVisLab	Technische softwareomgeving voor beeldverwerking.
nullipara	Vrouwen die nog nooit eerder bevallen zijn.
Pearson's correlatiecoëfficiënt	Drukt de sterkte van een lineaire samenhang uit tussen twee variabelen. Wordt gebruikt bij variabele die beide continu van aard zijn.
piëzo-elektrische kristallen	Kristallen die zich aan het oppervlak van de echo probe bevinden. Deze kunnen geluidsgolven ontvangen en uitzenden.

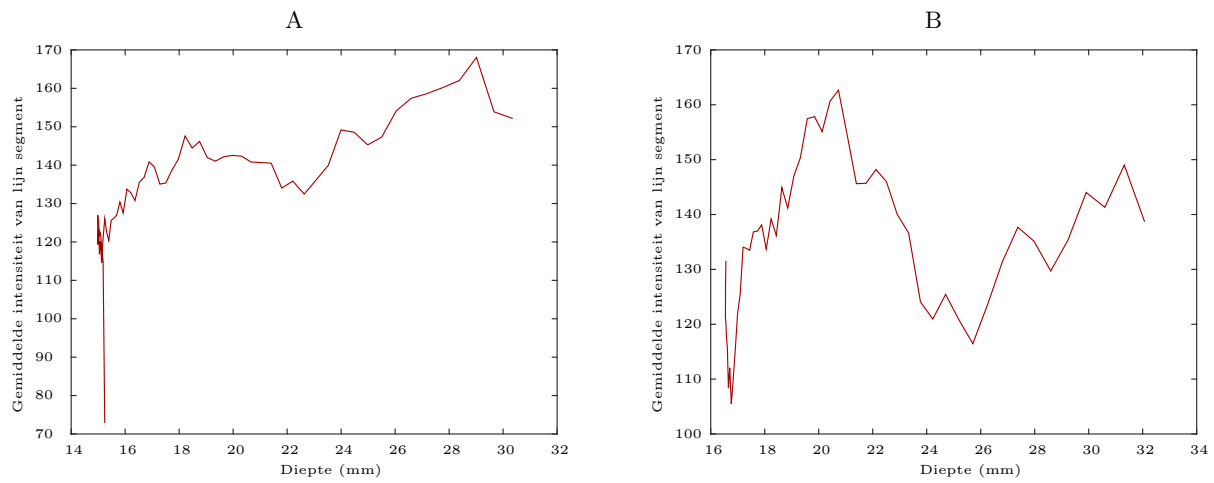
PRF	Pulse repetition frequency is het aantal pulsen van een repeterend signaal in een bepaalde tijdseenheid, gemeten in pulsen per seconde.
SD	De standaarddeviatie is een rekenkundige maat voor de spreiding van de getallen rondom het gemiddelde.
Vasalva manoeuvre	Een fysiologische handeling waarbij de intra-abdominale druk wordt verhoogd.

Bijlagen

A. Toetsen of er een correlatie is tussen de diepte/hoek en de intensiteit

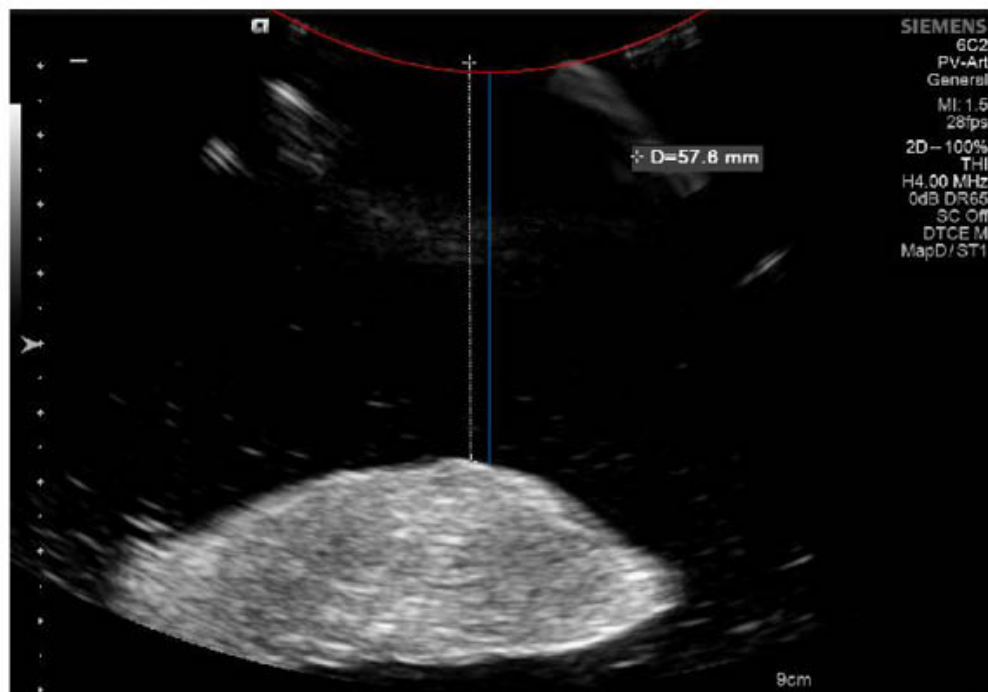
1. De waarden (intensiteit en diepte/hoek) zijn onderling afhankelijk. Intensiteit en diepte/hoek zijn bivariaat normaal verdeeld.
2. $H_0 : \rho = 0$ tegen $H_1 : \rho \neq 0$
3. Toetsingsgrootte: $T = r \cdot \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$
4. Onder $H_0 : T \sim t_{n-2}$
5. Uitkomst toetsingsgrootte
6. We verwerpen H_0 als $T \leq -c$ of $T \geq c$
t-tabel, significantieniveau 5%
7. Uitkomst ligt wel/niet in kritiek gebied, H_0 wel/niet verwerpen
8. We achten wel/niet bewezen dat variabelen diepte/hoek en intensiteit afhankelijk van elkaar zijn ($\alpha = 5\%$).

B. Diepte tegen intensiteit proefpersoon 4 in zowel rust als contractie



Figuur .14: A: De ISP uitgezet tegen de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe bij proefpersoon 4 in rust. B: De ISP uitgezet tegen de diepte van de m. puborectalis ten opzichte van de probe bij proefpersoon 4 in contractie.

C. Ultrasound afbeelding van de simulatiespier



Figuur .15: Ultrasound afbeelding van de simulatiespier met bijbehorende probefunctie(rood) met daarop de loodrechte lijn die tot de simulatiespier loopt(blauw). Daarnaast is de diepte te zien die is bepaald met het ultrasoundapparaat (geel).

Referenties

- [1] A. E. Bharucha, Pelvic floor: Anatomy and function, *Neurogastroenterology and Motility* 18 (7) (2006) 507–519. doi:10.1111/j.1365-2982.2006.00803.x.
- [2] F. van Limbeek van den Noort, Appearance of the Puborectalis Muscle in 3D Ultrasound Images, Master's thesis, University of Twente (2015).
- [3] K.-C. Lien, B. Mooney, J. O. L. DeLancey, J. a. Ashton-Miller, Levator ani muscle stretch induced by simulated vaginal birth., *Obstetrics and gynecology* 103 (1) (2004) 31–40. arXiv:NIHMS150003, doi:10.1097/01.AOG.0000109207.22354.65.
- [4] M. M. Weinstein, S. A. Jung, D. H. Pretorius, C. W. Nager, D. J. den Boer, R. K. Mittal, The reliability of puborectalis muscle measurements with 3-dimensional ultrasound imaging, *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 197 (1) (2007) 1–6. doi:10.1016/j.ajog.2007.02.041.
- [5] A. T. M. Grob, M. I. J. Withagen, M. K. van de Waarsenburg, K. J. Schweitzer, C. H. van der Vaart, Changes in the mean echogenicity and area of the puborectalis muscle during pregnancy and postpartum, *International Urogynecology Journal and Pelvic Floor Dysfunction* (2015) 1–7doi:10.1007/s00192-015-2905-4.
- [6] A. T. M. Grob, M. I. J. Withagen, M. K. V. D. Waarsenburg, K. J. Schweitzer, C. H. V. D. Vaart, Association of First-Trimester Echogenicity of the Puborectalis Muscle With Mode of Delivery 127 (6) (2016) 1021–1026. doi:10.1097/AOG.0000000000001443.
- [7] C. Caresio, F. Molinari, G. Emanuel, M. A. Minetto, Muscle echo intensity: Reliability and conditioning factors, *Clinical Physiology and Functional Imaging* (2014) 393–403doi:10.1111/cpf.12175.
- [8] H. J. Young, N. T. Jenkins, Q. Zhao, K. K. Mccully, Measurement of intramuscular fat by muscle echo intensity, *Muscle and Nerve* (March) (2015) 963–971. doi:10.1002/mus.24656.
- [9] A. T. M. Grob, Mean echogenicity of the m. puborectalis, Master's thesis (2013).
- [10] Anatomy zone, pelvic floor, <http://anatomyzone.com/tutorials/%20musculoskeletal/pelvic-floor/>, februari 2013, geraadpleegd op 18-05-2016.
- [11] P. Fratzl, *Collagen, Structure and Mechanics*, Springer, 2008.
- [12] M. D. Lennox Hoyte, *Biomechanics of the female pelvic floor*, Elsevier, 2016.
- [13] S. N. Narouze, *Atlas of ultrasound-guided procedures in interventional pain management*, *Atlas of Ultrasound-Guided Procedures in Interventional Pain Management* (2011) 1–372arXiv:arXiv:1011.1669v3, doi:10.1007/978-1-4419-1681-5.

- [14] J. E. Wilhjelm, M. Kristensson, O. T. Andersen, Medical diagnostic ultrasound physical principles and imaging, Technical University of Denmark 3 (1) (2010) 1–18.
URL <http://bme.elektro.dtu.dk/jw/webbook/Ultrasound/main.pdf>
- [15] J. W. J. Stoutenbeek, Ph. van Vught, Echoscopie; in de gynaecologie en obstetrie, 2nd Edition, Wetenschappelijke uitgeverij Bunge, 1997.
- [16] H. P. Dietz, The Role of Two- and Three-Dimensional Dynamic Ultrasonography in Pelvic Organ Prolapse, Journal of Minimally Invasive Gynecology 17 (3) (2010) 282–294. doi:10.1016/j.jmig.2009.12.022.
- [17] B. Alberts, D. Bray, A. D. Johnsen, J. Lewis, K. Hopkins, P. Walter, Essentials of Cell Biology, 3rd Edition, Taylor & Amp; Francis Inc, 2010.
- [18] P. Peetrons, Ultrasound of muscles, European Radiology 12 (1) (2002) 35–43. doi:10.1007/s00330-001-1164-6.
- [19] J. R. Landis, G. G. Koch, The measurement of observer agreement for categorical data., Biometrics 33 (1) (1977) 159–174. doi:10.2307/2529310.
- [20] Power/sample size calculator, <http://www.stat.ubc.ca/rollin/stats/ssize/n2.html>, januari 2016, geraadpleegd op 16-06-2016.

