

Fontys Paramedische Hogeschool

Fysiotherapie

*Test-hertest betrouwbaarheid van musculoskeletale echografie
van de dikte van de laterale buikspieren tijdens de respiratoire
pauze, maximale inspiratie en expiratie.*

Niels Paters

Fontys Paramedische Hogeschool, Eindhoven Nederland

Begeleider: Madelon Pijnenburg

Opdrachtgevers: Marc Schmitz en Frank Musarra

Datum: Januari-2015

Voorwoord

In dit afstudeerverslag wordt mijn onderzoek beschreven naar de test-hertest betrouwbaarheid van musculoskeletale echografie van de dikte van de laterale buikspieren.

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van afstuderen aan de Fontys Paramedische Hogeschool in Eindhoven voor de bachelor opleiding tot fysiotherapeut. Dit onderzoek is onderdeel geweest van een groter bestaand onderzoek met multidisciplinaire samenwerking tussen de opleidingen fysiotherapie, logopedie en Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken.

Graag wil ik een aantal personen bedanken. Allereerst wil ik mijn medestudenten en tevens ook de onderzoeksgroep in dit onderzoek bestaande uit: Evelien Fleerackers, Megan Kruger, Anne Slegers en Miranda van Bussel bedanken voor de prettige samenwerking en de leuke leerzame tijd die we samen hebben doorstaan in het afgelopen half jaar. Mijn begeleider van dit project Madelon Pijnenburg en de opdrachtgevers Marc Schmitz en Frank Musarra. Bovendien andere docenten die betrokken zijn geweest bij dit onderzoek en zo hun steentje hebben bijgedragen.

Daarnaast wil ik de studenten bedanken die naast dit onderzoek met andere musculoskeletale echografie onderzoeken bezig waren voor de prettige samenwerking. En als laatste de studenten die mijn werk tussendoor hebben beoordeeld en van feedback hebben voorzien.

Escharen, Januari 2015

Niels Paters

Samenvatting

Inleiding: Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de laterale buikspieren een belangrijke rol spelen in het stabiliseren van de wervelkolom en in het assisteren van de ademhaling. Met name de Transversus Abdominis (TrA) en Obliquus Internus (OI) worden in de literatuur beschreven. Door het ontbreken van de voorspanning en een verminderde aanspanning van de laterale spieren is er een onvermogen de wervelkolom te stabiliseren wat kan leiden tot specifieke lage rugklachten. Daarnaast heeft de fase van ademhaling invloed op de functie van de laterale buikspieren in functionele activiteiten. Doormiddel van Musculoskeletale Echografie (MSE) kan de spierdikte en activatie van de laterale buikspieren in beeld worden gebracht wat een toevoeging kan zijn in het diagnostisch proces en als meetinstrument op de uitgevoerde interventies. De verandering in spierdikte tijdens de verschillende fases van ademhaling kan invloed hebben op de test-hertest betrouwbaarheid. Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de test-hertest betrouwbaarheid van MSE bij het in beeld brengen en meten van de spierdikte van de laterale buikspieren in de respiratoire pauze, maximale inspiratie en maximale expiratie in een staande positie.

Methode: 70 Participanten in de leeftijd van 18 tot 28 jaar werden in dit onderzoek gemeten middels MSE in de drie fases van ademhaling in een staande positie. De gestandaardiseerde spierdiktemeting zijn achteraf op de computer uitgevoerd en de overeenkomst is doormiddel van een Intraclass Correlation Coëfficiënt (ICC) berekend.

Resultaten: In totaal zijn 67 participanten geïnccludeerd in de statistische analyse. Voor de Transversus Abdominus is een ICC waarde behaald van tenminste 0.833 ($P = <0.001$) in de 3 fases van ademhaling en voor de Obliquus Internus is een ICC waarde behaald van tenminste 0.928 ($P = <0.001$) in de 3 fases van ademhaling. Volgens de criteria van Landis en Koch (1977) zijn deze waardes te interpreteren als uitermate goed ($ICC = 0.81-1.00$)

Conclusie: De test-hertest betrouwbaarheid voor het meten van de spierdikte van de laterale buikspieren doormiddel van MSE is uitermate goed.

Abstract

Introduction: Previous research has shown that the lateral abdominal muscles play a key role in the stabilization of the spine and in assisting the breathing. In particular, the Transversus Abdominis (TrA) and Internal Oblique (OI) are described in the literature. Due to the absence of feed-forward and reduced tension, there is an inability to stabilize the spine which can lead to non-specific lower back pain. In addition, the phase of respiration affects the function of the lateral abdominal muscles in functional activities. Through Musculoskeletal Ultrasound (MSU), the muscle thickness and activation of the lateral abdominal muscles can be visualized what could be an addition to the diagnostic process and as a measuring instrument on the interventions. The change in thickness of the muscle during the different phases of breathing can affect the test-retest reliability. The purpose of this study is to determine the test-retest reliability of MSE at the visualization and measurement of the thickness of the lateral abdominal muscle in the respiratory pause, the maximum inspiration and maximum expiration in a standing position.

Method: 70 Participants in the age of 18 to 28 years old were measured in this study, using MSE in the three phases of breathing in a standing position. The standardized muscle thickness measurements were carried out with the computer and the agreement is calculated with an Intraclass Correlation Coefficient (ICC).

Results: A total of 67 participants were included in the statistical analysis. For the Transversus Abdominus an ICC value obtained from at least 0,833 ($P = <0.001$) in the three phases of respiration and for the Internal Oblique is an ICC value obtained from at least 0,928 ($P = <0.001$) in the three phases of breathing. According to the criteria of Landis and Koch (1977) these values are interpreted as very good ($ICC = 0.81-1.00$)

Conclusion: The test-retest reliability for the measurement of the muscle thickness of the lateral abdominal muscles with MSE is very good.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting.....	2
Abstract.....	3
1. Inleiding	5
2. Methode	7
2.1 Onderzoeksdesign	7
2.2 Participanten	7
2.3 Ethiek	7
2.4 Onderzoekers	7
2.5 Materiaal	7
2.6 Data verzameling	8
2.7 Data en statistische analyse	9
3. Resultaten	10
4. Discussie	11
5. Conclusie.....	14
6. Literatuur	15
Bijlagen.....	XVIII
Bijlage I: Invitation letter.....	XVIII
Bijlage II Information Letter.....	XIX
Bijlage III Certificate of Consent	XXI
Bijlage IV Questionnaire	XXII
Bijlage V Breathing Instructions.....	XXIV

1. Inleiding

Bij lage rugklachten is in 80 tot 90% van de gevallen geen specifiek lichamelijke oorzaak aanwijsbaar. In dat geval wordt het aspecifieke lage rugklachten genoemd. (Heida, Graaf, & Reneman, 2004) In de Westerse bevolking krijgt 60 tot 90% van de mensen ten minste een keer in het leven aspecifieke lage rugklachten. (Chavannes et al., 2005) Aspecifieke lage rugklachten zijn niet alleen één van de meest voorkomende vormen van arbeidsongeschiktheid en/of afwezigheid van het werk, maar worden ook aangewezen als één van de belangrijkste redenen voor huisarts bezoeken. (Heidari, Farahbakhsh, Rostami, Noormohammadpour, & Kordi, 2015) In Nederland gaan rugklachten gepaard met hoge maatschappelijke kosten, die in 2011 samen met nekkklachten werden geschat op 1,3 miljard euro. Dit komt overeen met 25% van de totale zorgkosten die werden gemaakt aan het bewegingsapparaat in Nederland. (Poos, Slobbe, & Noordt, 2014)

In de afgelopen jaren is onderzoek gedaan naar de mogelijke betrokkenheid van actieve structuren, passieve structuren en neuromusculaire controle bij aspecifieke lage rugklachten. (Hodges, Gandevia, & Richardson, 1997; Hodges & Moseley, 2003; Hodges, 1996; Panjabi, 1992) Uit deze onderzoeken is gebleken dat de buikspieren een belangrijke rol spelen in het stabiliseren van de wervelkolom. Vooral de laterale buikspieren: M. Obliquus Internus (OI), M. Obliquus Externus (OE) en M. Transversus Abdominus (TrA) worden beschreven. De TrA is de diepst gelegen dwarse buikspier en wordt actief en levert voorspanning voordat er beweging plaatsvindt in ledenmaten en romp. Dit draagt bij aan de stabiliteit van de lumbale wervelkolom door het verhogen van de intra-abdominale druk en het op spanning brengen van de thoracolumbale fascia. (Hodges, Gandevia, & Richardson, 1997; Hodges, 1999) Bij patiënten met aspecifieke lage rugklachten is aangetoond dat de TrA een vertraagde en/of verminderde voorspanning levert. (Hodges, 1996) Daarnaast werd aangetoond dat er tijdens het heffen van een been 73% verminderde toename in TrA spierdikte was en een verminderde toename van 53% in de OI spierdikte bij patiënten met aspecifieke lage rugklachten in vergelijking met gezonde personen. (Ferreira et al., 2010) Door specifieke neuromusculaire oefentherapie gericht op de TrA en OI was pijnvermindering het gevolg bij patiënten met aspecifieke lage rugklachten. (Akuthota & Nadler, 2004; Ferreira et al., 2010; Sullivan, Peter, Grad, Lance, & Garry, 1997)

Naast het stabiliseren van de wervelkolom tonen onderzoeken aan dat de laterale buikspieren een belangrijke assisterende rol spelen tijdens de inspiratie en expiratie. (Hodges et al., 1997; Misuri et al., 1997) Met name bij maximale expiratie contraheert de TrA het meest gevolgd door de OI. In een ander onderzoek wordt aangetoond dat de laterale buikspieren tijdens maximale expiratie meer contraheren dan tijdens de Active Drawing In Manoeuvre (ADIM). Dit is een specifieke manoeuvre om de laterale buikspieren te laten aanspannen. (Ishida, Hirose, & Watanabe, 2012; Ishida & Watanabe, 2013) Eerdere onderzoeken tonen dus een verband aan tussen de stabilisatie van de wervelkolom en ademhaling in combinatie met aspecifieke lage rugklachten (Hodges et al., 1997; Hodges, Gurfinkel, Brumagne, Smith, & Cordo, 2002; Ishida et al., 2012; Ishida & Watanabe, 2013; Kim, Cho, Goo, & Baek, 2013)

Door de lage betrouwbaarheid van klinische testen en predictie regels die vooral gebaseerd zijn op pijn provocatie, is het voor de fysiotherapeut zinvol gebruik te maken van een objectief meetinstrument bij het in beeld brengen van dikte van de laterale spieren. (Heidari et al., 2015; Staal et al., 2013) Onderzoek heeft aangetoond dat Musculoskeletale Echografie (MSE) gebruikt kan worden bij het in beeld brengen van de spierdikte van de laterale buikspieren. MSE is daarnaast bewezen als een veilig, relatief gemakkelijk en goedkoop te gebruiken diagnostisch middel bij het in beeld brengen van de spierdikte en neuromusculaire controle van de laterale buikspieren. (Ferreira et al., 2010; Heidari et al., 2015; Hides, Miokovic, Belavý, Stanton, & Richardson, 2007; Koppenhaver, Hebert, Parent, & Fritz, 2009; Teyhen et al., 2005) Onderzoekers hebben een hoge inter- en intra beoordelaarsbetrouwbaarheid van de spierdiktemeting aangetoond. (Ainscough-Potts, Morrissey, & Critchley, 2006; Hides et al., 2007; Ishida et al., 2012; Teyhen et al., 2011) In het onderzoek van Teyhen et al. (2011) hebben zelfs beginnende beoordelaars een Intraclass Correlatie Coëfficiënt (ICC) waarde behaald tussen 0.86 en 0.93 voor de spierdiktemeting van de laterale buikspieren. Door de goede betrouwbaarheid is aangetoond MSE te kunnen gebruiken in het diagnostisch proces en daarnaast mogelijk voor het evalueren van een interventie gericht op de laterale buikspieren.

Wat er tot op heden ontbreekt aan de huidige literatuur, is een test-hertest betrouwbaarheidsonderzoek naar de TrA en OI spierdikte in de respiratoire pauze, maximale inspiratie en maximale expiratie in een functionele staande positie. Zoals eerder is aangetoond is er een verband tussen de spierdikte van TrA en OI en de maximale expiratie. (Ainscough-Potts et al., 2006; Hodges et al., 1997; Teyhen et al., 2011) De fysiotherapeut heeft in de klinische setting rekening te houden met de verschillende fases van ademhaling en het meten van de spierdikte. Doordat de spierdikte verandert in de verschillende fases is het belangrijk dat de fysiotherapeut de hertest meting in de zelfde ademhalingsfase uitvoert als het eerste test moment. Hierdoor zullen de waardes van de verschillende meetmomenten het dichtst bij elkaar liggen. De onderzoeksvraag in dit onderzoek is: Wat is de test-hertest betrouwbaarheid van musculoskeletale echografie bij het in beeld brengen van de laterale buikspieren en het meten van de spierdikte tijdens de respiratoire pauze, maximale inspiratie en expiratie in een staande positie.

2. Methode

2.1 Onderzoeksdesign

Deze studie had een kwantitatief beschrijvend cross-sectioneel onderzoeksdesign en was onderdeel van een groter project, waar meerdere personen bij betrokken waren. Het grotere project werd uitgevoerd in samenwerking met de opleidingen fysiotherapie, logopedie en Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) van de Fontys Paramedische Hogeschool (FPH) in Eindhoven.

2.2 Participanten

In dit onderzoek is gekozen voor een onderzoekspopulatie van 70 gezonde personen. Dit voldoet aan een gemiddelde van 60 wat volgens berekeningen voorgesteld wordt bij een ICC onderzoek. (Giraudeau & Mary, 2001) De deelnemers die werden gezocht voor dit onderzoek waren tussen de 18 en 28 jaar oud en zaten op de FPH in Eindhoven. Dit was de meest voorkomende leeftijd op de locatie en hierdoor bleef de onderzoeksgroep enigszins gelijk. Door de kleine spreiding gaf dit een beperking aan de generaliseerbaarheid van het onderzoek. De deelnemers werden geworven middels een uitnodigingsmail (bijlage 1) die verzonden werd over de Fontys mail naar alle studenten fysiotherapie, logopedie en MBRT. Het was voor de deelnemers mogelijk zichzelf in te schrijven op één van de meetmomenten die meegestuurd werden in de informatie brief (bijlage 2). Daarnaast vond er werving plaats middels Facebook en in de gangen van de school. Participanten werden niet toegelaten tot het onderzoek als ze in de afgelopen 6 maanden een periode van tenminste 3 weken lage rugklachten hebben gehad, klachten hebben aan de buik, of hier een operatie aan hebben gehad, op dat moment zwanger waren, een BMI $>30\text{kg/m}^2$ hadden en/of er ademhalingsproblematiek was gediagnosticeerd.

2.3 Ethiek

Voorafgaand aan het onderzoek werd aan de participanten gevraagd de informatiebrief te lezen wanneer ze dit nog niet gedaan hadden en een toestemmingsverklaring te tekenen (Bijlage 2-3). In de toestemmingsverklaring stond o.a. dat ze wilsbekwaam waren, ouder dan 18 jaar en vrijwillig aan dit onderzoek participeren. MSE is gerapporteerd als een veilig onderzoeksmiddel, er waren dus geen gezondheidsrisico's verbonden aan dit onderzoek. De data werd anoniem verzameld, opgeslagen en uitsluitend in dit onderzoek gebruikt. De deelnemers waren ten allen tijden bevoegd vrijwillig het onderzoek te verlaten zonder daar enige verantwoording voor af te hoeven leggen.

2.4 Onderzoekers

De onderzoeker was nog onervaren in het gebruik van MSE, middels een workshop werd de basis van MSE aangeleerd. Vervolgens is er 20 uur aan ervaring opgedaan door met MSE te oefenen op desbetreffende locatie. De 20 uur ervaring komt overeen met het onderzoek van Teyhen et al. (2011), waar ook beginnende MSE onderzoekers 20 uur aan training ondergingen.

2.5 Materiaal

In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van een echografie apparaat van het merk Esaote. (Nederlands b.v. gevestigd in Maastricht) Het model dat voor dit onderzoek is gebruikt, is de Esaote

MyLab One/Touch. Het is een echografie apparaat wat een frequentiebereik van 6 tot 13 MHz behaalt. Voor dit onderzoek is gekozen voor een b-mode echografie techniek met een lineaire transducer op een frequentiebereik van 13 MHz. Een lineaire transducer is volgens de literatuur het beste te gebruiken bij oppervlakkige en medium oppervlakkige spieren. (Teyhen et al., 2007) Dit apparaat werd beschikbaar gesteld door de FPH in Eindhoven en het bedrijf SonoSkill.

2.6 Data verzameling

2.6.1 Onderzoeksprotocol

Bij binnenkomst van de betreffende deelnemer werd de informatiebrief uitgereikt. Deze werd zorgvuldig doorgelezen wanneer dit nog niet gedaan was. Mogelijke vragen over het onderzoek konden hier gesteld worden om onduidelijkheden te voorkomen. De deelnemers kregen na de informatie brief een toestemmingsverklaring en een vragenlijst (bijlage 4) die ingevuld werden. Wanneer dat was gebeurd werd de deelnemer verwacht bij de lengte meting, gewicht meting en kwam de uitleg over techniek van ademhaling (bijlage 5) zoals verwacht werd tijdens de metingen. De deelnemer werd vervolgens verwacht bij echografie meetmoment 1 waar de deelnemer voor de test-hertest gemeten werd. Vervolgens werd de deelnemer gemeten bij meetmoment 2 en 3 waar de deelnemer door andere onderzoekers werd gemeten. Na moment 3 kwam de deelnemer terug bij meetmoment 1 waarbij op exact de zelfde wijze werd gemeten als de eerste keer.

2.6.2 Meetprotocol

De deelnemer werd aan het begin van de metingen onder een anonieme naam ingevoerd in het systeem, zodat de beelden bij de betreffende deelnemer konden worden opgeslagen. Het protocol voor dit onderzoek was speciaal voor dit onderzoek ontworpen, waarbij wel is gekeken naar eerdere onderzoeken waarin de laterale buikspieren zijn onderzocht. (Heidari et al., 2015) De uitgaanshouding van de deelnemer in dit onderzoek was in stand, omdat dit het meest functioneel is. De deelnemer staat tegen de muur met de voeten plat op de grond geplaatst in lijn met de heupen. Het hoofd is recht en tegen de muur geplaatst. De deelnemer is tijdens het onderzoek niet bevoegd mee te kijken op het scherm van de onderzoeker. De onderzoeker zat aan de rechter zijde van de deelnemer, met het echografie apparaat aan de linker zijde. De



Afbeelding 1. Transducer is geplaatst 25mm anteromediaal, tussen inferieure rip en crista iliaca.

transducer werd op een vaste plaats op het lichaam bevestigd, namelijk aan de linker zijde van de deelnemer 25mm anteromediaal in het midden van de inferieure rip en de crista iliaca. (afbeelding 1) De origo van de TrA was te zien aan de linker zijde op het scherm, doordat de transducer loodrecht met het streepje naar de linker zijde werd bevestigd op het lichaam. De diepte van het beeld op het echografie apparaat was gestandaardiseerd op 5 met de mogelijkheid dit aan te passen naar 4 of 5 wanneer dit nodig was. Voor de helderheid was een waarde van 70-80% gekozen, deze waarde gaf gemiddeld het duidelijkste beeld bij de deelnemers. De volgorde van metingen waren als volgt:

respiratoire pauze, maximale inspiratie en de maximale expiratie. (bijlage 5) De ademhalingsinstructies waren afkomstig uit het artikel van Miller et al. (2005), en waren tijdens het onderzoek zoveel mogelijk gestandaardiseerd. (Miller et al., 2005) Bij het behalen van de maximale inspiratie of expiratie gaf de participant een seintje met de vingers, zodat de onderzoeker wist dat het maximale behaald was. Van iedere ademhalingsfase werd een afbeelding gemaakt. Vervolgens gebeurde dit nog twee keer op de zelfde manier, zodat uit deze waarden een gemiddelde berekend kon worden. Uiteindelijk werden er van iedere ademhalingsfase 3 afbeeldingen gemaakt per participant.

2.7 Data en statistische analyse

De beelden die gemaakt zijn tijdens de onderzoeken werden aan het einde opgeslagen op een USB apparaat onder een DICOM formaat. De spierdikten werden vervolgens op een ander moment gemeten doormiddel van het MyLab Desk₃ computerprogramma van Esaote, versie 8.0. Dit programma stond opgeslagen op het apparaat en is vervolgens op een computer met Windows 7 gezet. Allereerst maakt de onderzoeker een meting vanaf de origo van de TrA 20 mm horizontaal naar binnen. Vervolgens werd de spierfascie boven en onder als referentie punt gebruikt om de spierdikte in mm binnen deze twee referentiepunten te meten zoals in afbeelding 2 te zien is. (Hides et al., 2007) De gemeten spierdikten werden verwerkt op een Microsoft Excel bestand, waar tevens ook de algemene gegevens van de deelnemers stonden genoteerd.

De data die is verzameld in Excel werd vervolgens verwerkt in het IBM SPSS Statistics versie 22 programma. Allereerst werd er op de algemene data van de deelnemers zoals: leeftijd, lengte, gewicht en BMI een Shapiro-Wilk test uitgevoerd om te bepalen of de onderzoeksgroep wel of niet normaal verdeeld was.

De overeenkomst tussen de test en de hertest werd berekend doormiddel van een Intraclass Correlatie Coëfficiënt (ICC) met een betrouwbaarheidsinterval (BI) van 95%. De ICC methode in deze berekeningen is de "Two Way Mixed" met absolute agreement. (Bland & Altman, 1986; Shrout & Fleiss, 1979) De ICC werd beoordeeld op basis van criteria bestaande uit: slecht 0,00 - 0,20, matig 0,21 - 0,40, redelijk 0,41 - 0,60, goed 0,61 - 0,80 en uitermate goed 0,81 - 1,00. (Landis & Koch, 1977)



Afbeelding 2: Echografie meting TrA en OI. D1 is een verticale lijn van de origo TrA. D2 is een lijn 20mm horizontaal naar het midden van de TrA. D3 is de dikte meting van TrA tussen de fascie. D4 is de dikte meting van de OI tussen de fascie.

3. Resultaten

In totaal hebben 70 personen deelgenomen aan het onderzoek. De onderzoeksgroep bestond uit 38 vrouwen en 32 mannen. De algemene karakteristieken van de gehele onderzoeksgroep staan beschreven in tabel 1. In totaal werden 2 vrouwen en 1 man geëxcludeerd van het onderzoek, vanwege een te hoge BMI en/of een operatie aan de onderzoekszijde.

Tabel 1. Algemene eigenschappen van de onderzoeksgroep (N = 67)

Karakteristieken	Gemiddelde (SD)* / Mediaan (IKA)	Min	Max
Leeftijd (jaren)	21 (18 – 24)	18	28
Lengte (m)	1.74,5 (10)*	1.46,5	196
Gewicht (kg)	70 (51,5 – 88,5)	50,5	114,5
BMI (kg/m ²)	23,2 (2,7)*	17	29,9
<i>N</i> = aantal deelnemers, <i>IKA</i> = interkwartielafstand, <i>SD</i> = Standaard deviatie, <i>min</i> = minimum, <i>max</i> = maximum, <i>m</i> = meters, <i>kg</i> = kilogram, <i>BMI</i> = body mass index en <i>m</i> ² = vierkante meters. * Gemiddelde is gebruikt bij een normale verdeling			

De ICC waarden voor de test-hertest betrouwbaarheid van de TrA en OI spierdiktemeting in de respiratoire pauze, maximale inspiratie en maximale expiratie zijn weergegeven in tabel 2. De ICC waarden voor de spierdiktemeting in mm van de TrA in de verschillende fases van ademhaling is tenminste 0,833 ($P = < 0.001$). En een ICC waarden voor de spierdiktemeting in mm van de OI in de verschillende fases van ademhaling is tenminste 0.928 ($P = < 0.001$). Alle ICC waardes in dit onderzoek zijn volgens de criteria van Landis en Koch (1977) te interpreteren als uitermate goed (ICC = 0.81-1.00).

Tabel 2. Test-hertest betrouwbaarheid voor de spierdiktemeting in mm van de TrA en OI in respiratoire pauze, maximale inspiratie en maximale expiratie.

Spier	Fase van ademhaling	ICC* (95% BI)
M. Transversus abdominus	Resp. Pauze	0.947 (0.915 – 0.967)
	Max. Inspiratie	0.880 (0.807 – 0.925)
	Max. Expiratie	0.833 (0.731 – 0.896)
M. Obliquus Internus	Resp. Pauze	0.934 (0.894 – 0.959)
	Max. Inspiratie	0.928 (0.884 – 0.955)
	Max. Expiratie	0.936 (0.898 – 0.960)
<i>ICC</i> = Intraclass Correlatie Coëfficiënt, <i>BI</i> = betrouwbaarheidsinterval. * Voor alle ICC waarden geldt een <i>p</i> -waarde van $< ,001$.		

4. Discussie

Het doel van dit onderzoek was het bepalen van de test-hertest betrouwbaarheid van musculoskeletale echografie, bij het in beeld brengen van de laterale buikspieren en het meten van de spierdikte tijdens de respiratoire pauze, maximale inspiratie en expiratie in een staande positie. Dit onderzoek is uitgevoerd door fysiotherapeuten in opleiding met beginnende ervaring in musculoskeletale echografie bij gezonde personen van 18 tot en met 28 jaar. Er is in dit onderzoek voor de test-hertest een significante ICC behaald tussen de 0.833 en 0.947 voor de TrA en OI spierdiktemeting in de respiratoire pauze, maximale inspiratie en expiratie. Deze waarden zijn te interpreteren als uitermate goed ($ICC=0.81-1.00$) volgens de criteria van Landis en Koch (1977).

Ondanks de interpretatie van uitermate goed in dit onderzoek, is de laagste ICC waarde op de test-hertest behaald met MSE van de TrA in de maximale expiratie fase ($ICC=0.833$). Een mogelijke verklaring van deze lagere waarde is de TrA die tijdens expiratie significant in dikte veranderd. (Ishida & Watanabe, 2013) Bovendien heeft de participant bij de hertest al meerdere metingen uitgevoerd en zou er mogelijk vermoeidheid opgetreden kunnen zijn in de TrA spier. Door de vermoeidheid en/of verandering door expiratie kunnen er verschillende spierdikte gemeten worden tussen de test en hertest meting en kan de betrouwbaarheid lager uitkomen terwijl dit niet met zekerheid is te zeggen. Daarnaast is gebruik gemaakt van de lineaire transducer in dit onderzoek, die vooral gebruikt wordt voor oppervlakkige en medium oppervlakkige structuren. Bij maximale expiratie verschuift de TrA naar de diepte, waardoor mogelijk de betrouwbaarheid van de spierdiktemeting verminderd, maar nog steeds is dit niet met zekerheid te zeggen. (Whittaker, 2007)

De resultaten uit dit onderzoek komen overeen met voorgaande onderzoeken waar de betrouwbaarheid van MSE op de spierdikte van de laterale buikspieren is onderzocht. (Ainscough-Potts et al., 2006; Hides et al., 2007; Teyhen et al., 2011). De ICC waarden uit dit onderzoek komen overeen met de ICC waarden uit het onderzoek van Teyhen et al. In dat onderzoek waarin beginnende beoordelaars een intra en inter beoordelaarsbetrouwbaarheid onderzoek uitgevoerd hebben werd een ICC behaald tussen de 0,86 en 0,93 voor de spierdiktemeting van de TrA en OI. Het verschil met het onderzoek van Teyhen et al. is het gebruik van MSE op de TrA en OI tijdens andere activiteiten, een liggende positie, kleinere onderzoeksgroep en betrof een hogere vrouw/man ratio in vergelijking met dit onderzoek. De ICC waarden in dit onderzoek zijn lager dan behaald werd in het onderzoek van Ainscough-Potts et al. (2006) In dat onderzoek werd een ICC waarden behaald tussen 0.97 en 0.99 voor de spierdiktemeting in de maximale inspiratie en expiratie fase in zittende en liggende houdingen. De onderzoekspopulatie in het onderzoek van Ainscough-Potts et al. bestond uit 30 participanten, de ICC waarde in dat onderzoek is berekend op een steekproefgrote van 10 personen en niet op de gehele onderzoekspopulatie zoals in dit onderzoek. Daarnaast was de onderzoeker in dat onderzoek ervaren in het gebruik van MSE. Vergeleken met het onderzoek van Hides et al. heeft dit onderzoek een hogere ICC waarde behaald. Het verschil met het onderzoek van Hides et al. is dat de TrA en OI is gemeten in de respiratoire pauze en tijdens contractie op een

onderzoekspopulatie van 19 personen. Hierbij is een goede ICC waarde ($ICC=0.61-0.80$) behaald bij beginnende onderzoekers. Ook in dit onderzoek werden de participanten onderzocht door beginnende MSE onderzoekers met 8 uur aan training.

Sterktes en beperkingen

Voor dit onderzoek is een meetprotocol ontwikkeld om gebruik te maken van een staande functionele positie. In een staande positie zijn de TrA en OI namelijk continue actief om de wervelkolom te stabiliseren. (P W Hodges et al., 1997) Daarnaast bestaat de eindfase van specifieke TrA training uit het integreren van TrA activatie in functionele activiteiten, wat veelal staande posities zijn. (Sullivan et al., 1997) Hierdoor zou het een voordeel zijn als de laterale buikspieren in een functionele staande positie getest kunnen worden, zodat kan worden aangetoond of de TrA geactiveerd wordt in de functionele activiteiten. In de huidige literatuur is nog geen gestandaardiseerd protocol voor MSE op de laterale buikspieren in een staande positie beschreven. Er werd in de voorgaande onderzoeken veelal gebruik gemaakt van een meetprotocol met een liggende positie. Hierdoor zijn de houdingen van de thorax, lumbale wervelkolom en het bekken zo precies mogelijk te reproduceren. En tevens is dit ook de positie waarin de spieren in rust zijn en daardoor het meest gestandaardiseerd. (Teyhen et al., 2007; Whittaker, 2007) Ondanks het gebruik van een speciaal ontworpen meetprotocol welke gebaseerd was op voorgaande onderzoeken en de hoge test-hertest betrouwbaarheid als uitkomst in dit onderzoek. Is het volgens de onderzoekers niet zeker of dit het beste gestandaardiseerde meetprotocol was. Verder onderzoek naar een gestandaardiseerd meetprotocol in een staande positie met het gebruik van MSE op de laterale buikspieren is daarom geïndiceerd.

Naast het ontworpen meetprotocol was het ademhalingsprotocol wat gebruikt is in dit onderzoek gebaseerd op een protocol uit een onderzoek over het standaardiseren van spirometrie. (Miller et al., 2005) Toch zijn de onderzoekers van mening dat de invloed van ademhaling effect heeft gehad op het resultaat van het onderzoek. In het onderzoek van Miller et al. wordt beschreven dat een verminderde inspiratie voorafgaand de maximale expiratie, een negatief effect heeft op de maximale expiratie. Bovendien wordt er in dat onderzoek beschreven dat een maximum van acht manoeuvres betrouwbaar is. Boven de acht neemt namelijk de vermoeidheid toe, en daardoor betrouwbaarheid van de maximale expiratie af. Aangezien participanten in dit onderzoek herhaaldelijk moeten in en uitademen en meer dan acht geforceerde expiraties uitvoeren, is het aannemelijk dat de betrouwbaarheid van de maximale expiratie is afgenomen in dit onderzoek. (Miller et al., 2005)

Door een verandering in spierdikte tussen de test en hertest meting door bijvoorbeeld vermoeidheid kan hierdoor de betrouwbaarheid van de maximale expiratie beïnvloed zijn.

Op dit moment is er in de huidige literatuur geen consensus te vinden over de hoeveelheid MSE training een onderzoeker voor de laterale buikspieren moet ondergaan om de hoogst haalbare ICC te behalen. In dit onderzoek is gekozen voor 20 uur aan MSE training, wat gebaseerd was op het onderzoek van Teyhen et al. (2011). Het huidige onderzoek heeft aangetoond dat met 20 uur training de zelfde ICC waarde behaald is als het onderzoek van Teyhen et al. (2011). Het onderzoek van

Hides et al. (2007) beschrijft dat de onderzoeker een training van 8 uur heeft gevolgd, dit onderzoek heeft echter lagere ICC waarden behaald. In het onderzoek van Ainscough-Potts et al. (2006) heeft een ervaren MSE onderzoeker hogere ICC waarden behaald als in de onderzoeken hierboven besproken. Hierdoor is het aannemelijk dat meer ervaring en meerdere uren in MSE gebruik, kan leiden tot hogere ICC waarden. Dit is op basis van dit onderzoek niet met zekerheid te zeggen, en vervolg onderzoek naar de hoeveelheid training voor een hogere betrouwbaarheid van MSE gebruik is daardoor geïndiceerd.

Professionele relevantie

De test-hertest ICC waarden zijn te categoriseren in de categorie uitermate goed ($ICC=0.81-1.00$). Voor de beroepen in de paramedische zorg is het daardoor betrouwbaar de MSE test-hertest uit te voeren op de laterale buikspieren in alle fases van ademhaling, het is echter belangrijk dat de fases van de test-hertest exact het zelfde zijn. In het bijzonder fysiotherapeuten met een beginnende MSE ervaring, kunnen MSE praktisch toepassen om doormiddel van de test-hertest inzicht te krijgen in de spierdikte en activatie van de laterale buikspieren voor en na de interventie bij patiënten met specifieke lage rugklachten. Hierdoor kan MSE niet alleen bijdragen als diagnostisch middel van de spierdiktemeting bij specifieke lage rugklachten maar ook bij de uitgevoerde interventie als evaluatie meetinstrument en/of biofeedback middel. Het is aanbevolen om bij de test-hertest een gestandaardiseerd protocol te gebruiken voor zowel het meten als voor de ademhalingsinstructies om de meetfouten zoveel mogelijk te beperken. En wordt aanbevolen minstens 20 uur aan MSE training ondergaan om dezelfde test-hertest ICC waarden te behalen.

Aanbevelingen verder onderzoek

Ondanks de vele onderzoeken gericht op MSE en spierdiktemeting van de laterale buikspieren, zijn er vanuit dit onderzoek nog wel aanbevelingen tot stand gekomen voor verder onderzoek. De eerste aanbeveling die voortkomt uit dit onderzoek is gericht op het verder standaardiseren van de ademhalingsinstructies. Door adequaat om te gaan met de maximaal aantal geforceerde expiraties en deze zoveel mogelijk te beperken, zou dat mogelijk de betrouwbaarheid van de test-hertest in de fases: respiratoire pauze, maximale inspiratie en vooral in de maximale expiratie kunnen verhogen. Daarnaast komt uit dit onderzoek een tweede aanbeveling naar voren betreft het verder standaardiseren van een uitgangspositie in een staande functionele positie. Een derde aanbeveling is gericht op het minimaal aantal trainingsuren dat een beginnende MSE onderzoeker moet ondergaan, om enige invloed van training te minimaliseren in de test-hertest betrouwbaarheid.

Tot op heden ontbreekt er in de huidige literatuur een Random Controlled Trial (RCT) gericht op de spierdiktemeting van de laterale buikspieren en het uitvoeren van een interventie gericht op de laterale buikspieren. Middels een RCT is het mogelijk de test-hertest te implementeren op verschillende interventies. Interventies zoals specifieke oefentherapie voor de TrA en OI en bijvoorbeeld TrA training door ademhalingsoefeningen.

5. Conclusie

De ICC waarden voor de test-hertest betrouwbaarheid bij het gebruik van musculoskeletale echografie bij het in beeld brengen van de laterale buikspieren en het meten van de spierdikte in de respiratoire pauze, maximale inspiratie en expiratie in een staande positie zijn te interpreteren als uitermate goed. Er wordt aanbevolen het onderzoeksprotocol, meetprotocol en ademhalingsprotocol te standaardiseren, om meetfouten te voorkomen. Daarnaast zijn de ICC waarden behaald in dit onderzoek gebaseerd op een jonge onderzoekspopulatie van 18 tot en met 28 jaar, gemeten door fysiotherapeuten in opleiding met beginnende MSE ervaring.

6. Literatuur

- Ainscough-Potts, A.-M., Morrissey, M. C., & Critchley, D. (2006). The response of the transverse abdominis and internal oblique muscles to different postures. *Manual Therapy*, 11(1), 54–60. <http://doi.org/10.1016/j.math.2005.03.007>
- Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(March), 86–92. <http://doi.org/10.1053/j.apmr.2003.12.005>
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307–310. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Chavannes, A., Mens, J., Koes, B., Lubbers, W., Ostelo, R., Spinnewijn, W., & Kolnaar, B. (2005). Aspecifieke lagerugpijn. *NHG-Standaard, Eerste her*, 48(3):113–23.
- Ferreira, P. H., Ferreira, M. L., Maher, C. G., Refshauge, K., Herbert, R. D., & Hodges, P. W. (2010). Changes in recruitment of transversus abdominis correlate with disability in people with chronic low back pain. *British Journal of Sports Medicine*, 44(16), 1166–72. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2009.061515>
- Giraudeau, B., & Mary, J. Y. (2001). Planning a reproducibility study: How many subjects and how many replicates per subject for an expected width of the 95 per cent confidence interval of the intraclass correlation coefficient. *Statistics in Medicine*, 20(21), 3205–3214. <http://doi.org/10.1002/sim.935>
- Heida, R. a., Graaf, J. H., & Reneman, M. F. (2004). Iatrogen arbeidsverzuim bij aspecifieke lage-rugklachten. *Tijdschrift Voor Bedrijfs- En Verzekeringsgeneeskunde*, 12(3), 75–78. <http://doi.org/10.1007/BF03073987>
- Heidari, P., Farahbakhsh, F., Rostami, M., Noormohammadpour, P., & Kordi, R. (2015). The Role of Ultrasound in Diagnosis of the Causes of Low Back Pain: a Review of the Literature. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(1), 1–12. <http://doi.org/10.5812/asjsm.23803>
- Hides, J. a, Miokovic, T., Belavý, D. L., Stanton, W. R., & Richardson, C. a. (2007). Ultrasound imaging assessment of abdominal muscle function during drawing-in of the abdominal wall: an intrarater reliability study. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(8), 480–486. <http://doi.org/10.2519/jospt.2007.2416>
- Hodges, P., Gurfinkel, V., Brumagne, S., Smith, T., & Cordo, P. (2002). Coexistence of stability and mobility in postural control: Evidence from postural compensation for respiration. *Experimental Brain Research*, 144(3), 293–302. <http://doi.org/10.1007/s00221-002-1040-x>
- Hodges, P. W. (1999). Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Manual Therapy*, 4(2), 74–86. <http://doi.org/10.1054/math.1999.0169>

- Hodges, P. W., Gandevia, S. C., & Richardson, C. a. (1997). Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 83(3), 753–760.
- Hodges, P. W., & Moseley, G. L. (2003). Pain and motor control of the lumbopelvic region: Effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 361–370. [http://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00042-7](http://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00042-7)
- Hodges PW, R. C. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*, (21(22):2640–50).
- Ishida, H., Hirose, R., & Watanabe, S. (2012). Comparison of changes in the contraction of the lateral abdominal muscles between the abdominal drawing-in maneuver and breathe held at the maximum expiratory level. *Manual Therapy*, 17(5), 427–431. <http://doi.org/10.1016/j.math.2012.04.006>
- Ishida, H., & Watanabe, S. (2013). Changes in lateral abdominal muscles' thickness immediately after the abdominal drawing-in maneuver and maximum expiration. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 17(2), 254–258. <http://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.12.002>
- Kim, K. H., Cho, S.-H., Goo, B.-O., & Baek, I.-H. (2013). Differences in Transversus Abdominis Muscle Function between Chronic Low Back Pain Patients and Healthy Subjects at Maximum Expiration: Measurement with Real-time Ultrasonography. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(7), 861–3. <http://doi.org/10.1589/jpts.25.861>
- Koppenhaver, S. L., Hebert, J. J., Parent, E. C., & Fritz, J. M. (2009). Rehabilitative ultrasound imaging is a valid measure of trunk muscle size and activation during most isometric sub-maximal contractions: a systematic review. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 55(3), 153–169. [http://doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70076-5](http://doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70076-5)
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <http://doi.org/10.2307/2529310>
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, a., ... Wagner, J. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319–338. <http://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- Misuri, G., Colagrande, S., Gorini, M., Iandelli, I., Mancini, M., Duranti, R., & Scano, G. (1997). <In vivo> ultrasound assessment of respiratory function of abdominal muscles in normal subjects. *European Respiratory Journal*, 10(12), 2861–2867. <http://doi.org/10.1183/09031936.97.10122861>
- Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*. <http://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00001>

- Poos, M., Slobbe, L., & Noordt, M. van der. (2014). *Nek- en rugklachten: Hoeveel zorg gebruiken patiënten en wat zijn de kosten. Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid, Bilthoven, RIVM*. Retrieved from <http://www.nationaalkompas.nl>
- Shrout, P. E., & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86(2), 420–428. <http://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420>
- Staal, J. B., Hendriks, E. J. M., Heijmans, M., Kiers, H., Rutten, a. M. L.-B. G., Tulder, M. W. Van, ... Custers, J. W. H. (2013). KNGF-richtlijn Lage rugpijn. *KNGF-Richtlijn Lage Rugpijn, V-07/2013*, 13. <http://doi.org/ISSN 1567-6137>
- Sullivan, O., Peter, B., Grad, D. M., Lance, T., & Garry, T. (1997). Ovid : Evaluation of Specific Stabilizing Exercise in the Treatment of Chronic Low ... Pagina 1 di 12 Evaluation of Specific Stabilizing Exercise in the Treatment of Chronic Low Back Pain With Radiologic Diagnosis of Spondylolysis or Spondylolisthesis Iss, (September 2015), 1–12. <http://doi.org/10.1097/00007632-199712150-00020>
- Teyhen, D. S., George, S. Z., Dugan, J. L., Williamson, J., Neilson, B. D., & Childs, J. D. (2011). Inter-rater reliability of ultrasound imaging of the trunk musculature among novice raters. *Journal of Ultrasound in Medicine : Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, 30(3), 347–356.
- Teyhen, D. S., Gill, N. W., Whittaker, J. L., Henry, S. M., Hides, J. a, & Hodges, P. (2007). Rehabilitative ultrasound imaging of the abdominal muscles. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(8), 450–466. <http://doi.org/10.2519/jospt.2007.2558>
- Teyhen, D. S., Miltenberger, C. E., Deiters, H. M., Del Toro, Y. M., Pulliam, J. N., Childs, J. D., ... Flynn, T. W. (2005). The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 35(6), 346–55. <http://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.6.346>
- Whittaker, J. L. (2007). *Ultrasound Imaging for Rehabilitation of the Lumbopelvic Region A Clinical Approach*. Elsevier (Vol. XXXIII). <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Bijlagen

Bijlage I: Invitation letter

Dear students,

With this email, we would like to invite you to participate in our experiment for our Bachelor thesis. We are 5 students from the following study background; 2 speech therapists and 3 physiotherapists. As a multidisciplinary team we are working together to collect a maximum of data for our research; this is why we need you!

The experiment consists of measuring the thickness of your abdominals using ultrasound imaging. Once the data has been collected, diverse investigations will take place. For instance; checking the reliability of ultrasound imaging between students from different background or, simply establishing standard values of the muscles mentioned above.

The testing will take place from the 19th of October until the 6th of November at Fontys Paramedic University in the following rooms: 0.424 and 0.312. The exact days and time schedule will be communicated to you once the total number of participants is known. We will of course take into consideration your preferences for the time and dates and you will be rewarded with a small gift after the experiment.

If you want to know more about the experiment you can find attached to this email the information letter. In case of other questions concerning the research, do not hesitate to contact one of us .

We would be thankful if you find time to participate in our study.

Kind regards,

Megan Kruger, Evelien Fleerackers, Miranda van Bussel, Niels Paters and Anne Slegers.

Bijlage II Information Letter

Musculoskeletal Ultrasound of Abdominal Muscles:

Dear Participant,

We would like to thank you for volunteering to participate in our study. We are graduate students from physiotherapy and speech and language therapy. This document is to provide you some background information on our project. We kindly ask you to read the information given below in order to make an informed decision about whether or not you would like to be part of our project. If there are terms you are unfamiliar with, please do not hesitate to contact us for more information.

The aim of the project:

Lower back has a cause-effect relationship with the abdominal muscles. Weak/atrophied muscles or poor activation can often cause breathing as well as lower back complaints.

The aim of this research is to investigate the standard thickness values of these muscles and the influence of factors such as gender/height using Musculoskeletal Ultrasound in order to create normal values for reference in the future. This imaging technique is becoming more popular in many medical fields; however, the reliability of this tool is still not clearly assessed, such as inter-rater reliability or test-retest reliability. The goal is therefore to use different approaches to test the diagnostic value of this imaging tool and at the same time collecting the data mentioned above.

From a speech and language therapy point of view, the difference in muscle structure between professional voice users (in this case: teachers) and non-professional voice users will be assessed using the same ultrasound equipment. The aim for these students is to research the possibility of using ultrasound equipment as a feedback or diagnostic tool in the future.

Who can participate:

We are looking for healthy young adults between the ages 18-28. The requirements to participate in this study are listed below:

- Professional voice users: teachers (about 20 participants)
- Non-professional voice users (about 100 participants)
- No voice problems or dysphonia
- No lower back complaints in the last 6 months
- No asthma or other respiratory diseases
- No previous known diaphragmatic problems
- No diagnosed neuromuscular diseases
- No stomach pain/cramps or other stomach problems
- Participant should not be pregnant
- No previous caesarean sections or any surgery in the stomach area
- No BMI >30kg/m²

What is expected of you:

If you choose to participate in this study you will have to sign an informed consent before the beginning of data collection. You will be asked to fill in a small questionnaire about, for example: voice load, smoking behaviour and sporting activities. Your height and weight will also be measured. You will then move to the next station where you will stand against a wall. Here your abdominal muscles will be imaged using Musculoskeletal Ultrasound. In order to achieve this you will be asked to lift up your shirt to expose your stomach. Next, some gel will be applied to the transducer (see image above) which will then be placed on your lower stomach and on your ribs. You will be asked to relax, breathe in fully and breathe out all the way. During these 3 moments of the breathing cycle images will be recorded. We ensure you that as much privacy as possible will be provided throughout the study as there will be numerous participants present at the same time. The entire procedure is expected to last 1 hour.

The study has been approved by Fontys University of Applied Sciences and there are no risks involved in this project.

The collected data:

All information and data gathered during the project will be handled confidentially and will remain anonymous throughout. The results of the study will be presented in 5 written reports as there are 5 thesis projects within this study. These 5 reports are part of a bigger study which will probably be published in a few years. You have the reassurance of all research students involved that your name, personal details and data will remain unidentified.

Finally, it is important to remember that taking part in this research project is completely voluntary and you are free to withdraw if necessary. If you have any concerns or further questions concerning our project, please do not hesitate to contact us!

Thank you for your interest and your time!

Sincerely,

Megan Kruger, Evelien Fleerackers, Niels Paters, Miranda van Bussel, Anne Slegers

Bijlage III Certificate of Consent**Certificate of Consent**

Title of the research: Musculoskeletal ultrasound of the abdominal muscles

Statement by the participant:

I have read the above mentioned information in from the information letter, or it has been read to me. I had the time and the opportunity to ask questions about it and all of my questions have been answered to my satisfaction. And I've been informed and fully aware of possible risk of the research. I consent voluntarily to be a participant in this study. And I know I can quit my participation at any time. I'm aware that my personal details and results will be private and only used for this research.

- Print name of participant:
- Signature of participant:
- Date:
(Day/month/year)

Statement by the researchers:

We confirm that the participant was given the time and opportunity to ask any related questions about the study, and that all of his/her questions were answered to the best of our ability. We confirm that the individual has not been forced into giving consent, but decided to give it voluntarily.

- Print Name of Researcher:
- Signature of Researcher:
- Date:
(Day/month/year)

Bijlage IV Questionnaire

Dear Participant,

You've agreed to participate in our research. Of course we're thankful for your time and effort to help us.

Before we start we would like you to fill in this questionnaire. The purpose is to be able to identify factors which may influence the outcome of this research. Also, some measurements will be taken.

General questions

1. Name:

.....

2. Year of birth/ Age:

.....

3. Gender:

- ☐ Male
- ☐ Female

4. Height:

.....

5. Weight:

.....

6. Are you right or left handed?

- ☐ Right handed
- ☐ Left handed
- ☐ Both; I don't have a preference

7. Do you follow a study? If yes, what are you studying?

.....

.

8. Do you practice a profession? If yes, what is your profession?

.....

If you are **not** a teacher, fill out only the questions until 10.

Circle what applies to the closed answer

Questions regarding to voice load in free time

9. Do you sing as a hobby?

Yes / No

a. If yes, in what form (singing class, choir, band etc.)?

.....

b. What genre do you sing?

.....

c. What's your voice type in singing?

- ☐ Soprano

- Mezzo-soprano
 - Alto
 - Tenor
 - Baritone
 - Bass
- d. How long have you been singing? years
- e. How many hours a week do you sing? hours a week
10. Do you play an instrument? Yes / No
- a. If yes, what kind of instrument?
.....
- b. How long have you been playing an instrument?years
- c. How many hours in a week do you play an instrument?hours a week

Questions regarding voice load on teachers

11. How many years have you been working as a teacheryears
12. How many days per week do you teach?days a week
13. How many hours a week do you teach?hours a week
14. If you are struggling to rise above the class, do you change your voice? Yes / No
- a. If yes, does your voice change in loudness? Yes / No
 - b. Does your voice change in pitch? Yes / No
15. Does the size of the room in which you are teaching affect your voice? Yes / No
- a. If yes, do you talk louder? Yes / No
 - b. Does your voice change in pitch? Yes / No
16. While you are teaching do you feel a shortness of breath? Always / Sometimes / Never

Bijlage V Breathing Instructions

During the questionnaire and weight/height measurements the participant has the chance to relax and reach a normal breathing pattern before starting the experiment.

Standardized breathing instructions:

1. Ensure proper posture (upright standing position mentioned in procedure)
2. Head slightly elevated
3. Breathe in slightly and then exhale until resting point. (ensure that the participant does not use any effort to reach the resting point.)
4. Hold 3 seconds.
5. Inhale maximally until no more air is possible and hold 3 seconds. (ensure that the rib cage elevates and that the back extends)
6. Exhale maximally until no more air comes out and hold 3 seconds. (ensure full exhalation when the abdominal muscles are contracted)

Ensure that the patient breathes in a relaxed manner in between the measuring moments. Patient safety comes first!

To be certain that a participant reaches their maximal inhalation/exhalation, the participant is asked to tap their leg when they believe they have reached their maximum. If the researcher has any doubts, he/she can ask the participant to repeat the measurement.