

2016

Echografie van het diafragma: de test- herctest betrouwbaarheid



Miriam ter Stege

Begeleider: Madelon Pijnenburg

Januari 2016

Samenvatting

Inleiding: Het diafragma heeft een respiratoire functie en een stabiliserende functie van de lumbale wervelkolom. Ondanks deze belangrijke functies is er nog geen adequaat meetinstrument beschikbaar binnen de fysiotherapie om atrofie van het diafragma vast te stellen. Door middel van musculoskeletale echografie zou dikte van het diafragma kunnen worden gemeten, om zo atrofie vast te kunnen stellen. Echter is weinig bekend van de betrouwbaarheid van echografie bij toepassing door onervaren fysiotherapeuten. Daarom is het doel van dit onderzoek om de test- hertest betrouwbaarheid vaststellen van het meten van de dikte van het diafragma door middel van musculoskeletale echografie bij jonge, gezonde proefpersonen uitgevoerd door onervaren fysiotherapeuten.

Methode: Een cross-sectioneel kwantitatief onderzoek is uitgevoerd waarin de dikte van het diafragma op drie momenten van de ademhaling is gemeten. De deelnemers hadden tijdens het onderzoek een staande houding. Vervolgens zijn intraclass correlatie coëfficiënten (ICC's) berekend.

Resultaten: In totaal hebben 66 vrijwilligers deelgenomen aan het onderzoek. De deelnemers waren gemiddeld 22,5 jaar (SD = 2,3), hadden een gemiddelde lengte van 175 cm (SD = 9,7), gemiddeld gewicht was 73,8 (SD = 14,3) en het gemiddelde BMI van de deelnemers was 23,9 kg/m² (SD = 3,4). Er zijn geen deelnemers uitgesloten van het onderzoek. De volgende ICC-waarden voor het meten van de dikte van het diafragma door een onervaren fysiotherapeut zijn vastgesteld: 0,906 ($p < 0,001$) tijdens de respiratoire pauze, 0,924 ($p < 0,001$) tijdens de maximale inademing en 0,929 ($p < 0,001$) tijdens de maximale uitademing.

Conclusie: De test-hertest betrouwbaarheid van musculoskeletale echografie voor het meten van de dikte van het diafragma is zeer goed, uitgevoerd door onervaren fysiotherapeuten.

Kernwoorden: Musculoskeletale echografie, fysiotherapie, diafragma, test-hertest betrouwbaarheid

Abstract

Introduction: The diaphragm is an important muscle in both the respiratory functioning as the lumbar spinal stabilization. However, in physiotherapy, no valid tool to measure atrophy of the diaphragm is available. Musculoskeletal ultrasound could be introduced as an instrument to measure thickness of the diaphragm. Except reliability when performed by inexperienced physiotherapists is yet to be confirmed. Therefore the goal of this research is to determine the test-retest reliability of measuring the thickness of the diaphragm using musculoskeletal ultrasound in healthy, young subjects performed by inexperienced physiotherapists.

Method: Cross-sectional quantitative research was done. In order to obtain the test- retest reliability the thickness of the diaphragm was measured at three different moments of the breathing cycle, with the participant in a standing position. Intraclass Correlation coefficients (ICC) were calculated.

Results: In total 66 people volunteered in this research. The participants mean age was 22,5 years (SD = 2,3), mean height 175 cm (SD = 9,7), mean weight 73,8 kg (SD = 14,3) and mean BMI 23,9 kg/m² (SD = 3,4). No participants were excluded. The obtained ICC's of measuring the thickness of the diaphragm performed by an inexperienced physiotherapist were 0,906 ($p < 0,001$) during the respiratory pause, 0,924 ($p < 0,001$) during the maximal inhalation and 0,929 ($p < 0,001$) during maximal exhalation.

Conclusion: The test- retest reliability of MSU in measuring the thickness of the diaphragm was excellent during respiratory pause, maximal inhalation and maximal exhalation in a standing position performed by inexperienced physiotherapists.

Key words: musculoskeletal ultrasound, physiotherapy, diaphragm, test-retest reliability

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
2. Methode	7
3. Resultaten	11
4. Discussie	12
5. Conclusie	15
Literatuur	16
Bijlage I: Uitnodigingsbrief	19
Bijlage II: Informatiebrief	20
Bijlage III: Informed Consent	22
Bijlage IV: Instructies voor de deelnemer.	23

1. Inleiding

Het diafragma heeft twee belangrijke functies in het lichaam. Ten eerste is het diafragma de belangrijkste ademhalingspier (Sarwal, Walker & Cartwright, 2013), het is verantwoordelijk voor enkele respiratoire functies onder andere 60 tot 80 % van de inademing (Noh, Lee & You, 2014). De inademing komt tot stand door contractie van het diafragma waardoor de koepelvorm van de spier afvlakt. Hierdoor is de inhoud van de longen tijdelijk vergroot, waardoor ingeademd wordt (Kapanji, 2009). Vanwege deze rol in het respiratoire systeem is het naar behoren functioneren van het diafragma noodzakelijk. Bij diverse patiëntengroepen kan een afgenomen functie van het diafragma worden gediagnosticeerd, waaronder: chronische obstructieve longziekten (HajGhanbari, Holsti, Road & Darlene Reid, 2012), neuromusculaire aandoeningen (zoals multiple sclerose en amyotrofische laterale sclerose) (Simon & Kiernan, 2015; Jensen, Hoffman & Cardenas, 2005) en cerebrovasculair accidents (Smith, Russell, & Hodges, 2006; Noh et al., 2014). Deze afgenomen functie kan diverse oorzaken hebben, bijvoorbeeld medicijngebruik of een verminderde innervatie (Doorduyn, van Hees, van der Hoeven, & Heunks, 2013). Zo kunnen bij multiple sclerose plaques ontstaan in het gebied van waaruit de ademhalingsmusculatuur wordt geïnnerveerd, wat leidt tot een afgenomen innervatie. Ten gevolge van deze afgenomen innervatie zal het diafragma tijdens inademing minder worden ingezet. Dit onvoldoende functioneren van het diafragma leidt tot een afname van respiratoire functies (Tzelepis & McCool, 2015), bij multiple sclerose kunnen afgenomen respiratoire functies leiden tot een hoger sterftecijfer (Tzelepis & McCool, 2015). Tevens zal door de inactiviteit spieratrofie van het diafragma optreden (Gottesman & McCool, 1997), uit eerder onderzoek is geconcludeerd dat er een correlatie is tussen de dikte van het diafragma en respiratoire functies (Noda, Sekiguchi, Kohara, Kanda, & Toda, 2015; Pinto, Alves, Pimentel, Swash & de Carvalho, 2015).

Ten tweede fungeert het diafragma als een stabilisator van de lumbale wervelkolom. Deze functie komt enerzijds tot stand door de intra-abdominale druk die de spier genereert tijdens inademing, en anderzijds door zijn functie als synergistische partner van de m. abdominalis transversus (Chaitow, 2004; Noh et al., 2014). Gezien deze functie is voor het diafragma een belangrijke rol weggelegd bij behoud van de actieve stabiliteit van de lumbale wervelkolom. (Kolar et al., 2012; Noh et al., 2014). Het onvoldoende waarborgen van de actieve stabiliteit zou het een risicofactor kunnen zijn voor het ontwikkelen van klachten aan de lumbale wervelkolom (Comerford & Mottram, 2001; O'Sullivan, 2000). Daarnaast wordt in de literatuur veranderde proprioceptie genoemd, als gevolg van vermoeidheid van ademhalingsmusculatuur. (Janssens, Brumagne, Polspoel, Troosters & McConnell, 2010; Chaitow, 2004). Ook deze verminderde neuromusculaire controle kan een risicofactor zijn voor het ontwikkelen van klachten van de lumbale wervelkolom (Noh et al., 2014; Janssens, et al., 2015). Aan beide genoemde risicofactoren voor het ontwikkelen van klachten aan de lumbale wervelkolom kan atrofie van het diafragma ten

grondslag liggen. Hiermee speelt atrofie van het diafragma waarschijnlijk een rol in het ontwikkelen van klachten aan de lumbale wervelkolom.

Vroegtijdige diagnostiek van atrofie van het diafragma kan leiden tot efficiëntere therapeutische interventies om de gevolgen voor de patiënt te verminderen. Efficiënte behandeling van zowel respiratoire aandoeningen als lage rugklachten kan kwaliteit van leven verbeteren (Kovacs, et al., 2004), en in het geval van respiratoire aandoeningen ook de levensduur verlengen (Benditt & Boitano, 2013). Respiratoire klachten en lage rugklachten komen frequent voor in fysiotherapeutische instellingen. De prevalentie van lage rugklachten in eerstelijns fysiotherapie is met 15% van de patiënten tussen 2008 en 2010 (Kooijman, Barten, Swinkels, & Veenhof, 2010). Gezien de functie van het diafragma is er mogelijk ook een verband tussen lage rugklachten en respiratoire functies. Zo blijken in veel gevallen patiënten met lage rugklachten ook een verandering te laten zien in de ademhaling (Chaitow, 2004). Concluderend uit deze gegevens is het voor fysiotherapeuten zinvol om een adequaat diagnostisch middel ter beschikking te hebben, waarmee atrofie van het diafragma kan worden vastgesteld. Echografie zou hier een geschikt diagnostisch middel voor kunnen zijn. Voor fysiotherapeuten kan echografie niet alleen een meerwaarde zijn voor diagnostiek maar ook tijdens de behandeling als biofeedbackmiddel en als evaluatie van de therapie. In vergelijking met andere beschikbare testen en beeldvormende technieken heeft echografie diverse voordelen, zo komt er, in tegenstelling tot bij andere beeldvormende technieken, geen schadelijke straling vrij (Gerscovich, et al., 2001; Doorduyn et al., 2013). Daarnaast kan er door middel van echografie functioneel worden getest, wat een voordeel vanuit fysiotherapeutisch oogpunt is. Functionele diagnostiek wordt nog weinig toegepast, terwijl functioneel trainen al tijden een trend is binnen de fysiotherapie.

Een mogelijke verklaring voor de beperkte toepassing van diagnostiek door middel van echografie nog weinig toegepast wordt, is dat er weinig bekend is over de betrouwbaarheid. Zover dat bij de auteur bekend is, zijn er tot op heden beperkte gegevens over de test-hertest betrouwbaarheid van echografie waarbij de dikte van het diafragma is gemeten (Baldwin, Paratz, & Bersten, 2011; Harper, et al., 2013; Boon, et al., 2012). In deze eerdere onderzoeken zijn diverse beperkingen, waaronder de beperkte grootte van de onderzoeksgroep. In slechts één geval was er sprake van een onderzoek onder fysiotherapeuten (Harper, et al., 2013), waaruit een zeer goede intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid bleek. De belangrijkste beperking van toepassing door fysiotherapeuten is echter, dat in alle betrouwbaarheidsonderzoeken de onderzoekers ervaren waren met het gebruik van echografie. Uit de literatuur blijkt dat ervaring de meeste invloed heeft op de techniek en interpretatie van de onderzoeker (Mapes-Gonnella, 2013). Echter wordt echografie, zoals eerder benoemd, nog weinig toegepast onder fysiotherapeuten als gevolg hiervan zijn ze ook nog weinig ervaren. Doel van dit onderzoek is de test-hertest betrouwbaarheid vaststellen van het meten van de dikte van het diafragma door middel van echografie uitgevoerd door onervaren fysiotherapeuten bij gezonde proefpersonen in de respiratoire pauze, de maximale inademing en maximale uitademing in een staande houding.

2. Methode

2.1 Onderzoeksdesign

Het onderzoek was kwantitatief experimenteel observationeel cross-sectioneel van aard. De onderzoeker heeft voorafgaand aan het onderzoek een workshop echografie gevolgd, en was op de hoogte van valkuilen bij het gebruik van echografie (Jamadar, et al., 2010). Vervolgens heeft de onderzoeker gedurende 20 uur ervaring opgedaan met de apparatuur. Omwille van pragmatische redenen was de onderzoeker tijdens het testen niet geblindeerd. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in drie praktijklokalen van de opleiding MBRT van de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven, locatie Ds. Th. Fliednerstraat 2. Het onderzoek heeft plaatsgevonden op de volgende data: 20, 23, 28 en 29 oktober 2015 en 3 november 2015.

2.2 Deelnemers

Omwille van het ontbreken van voorgaande data kon het aantal deelnemers niet vooraf, aan de hand van een poweranalyse, worden vastgesteld. Aantal deelnemers is bepaald op 60 op basis van de eerder echografische onderzoeken naar het diafragma (Baldwin et al., 2011; Boussuges et al., 2009; Boon, et al., 2012; Harper, et al., 2013)

Deelnemers zijn verworven via de Fontys Paramedische Hogeschool en social media. Er zijn informatieve e-mails gestuurd (bijlage I, II) en er is een evenement aangemaakt op Facebook waarvoor interne kringen van de onderzoekers uitgenodigd zijn. Indien een deelnemer aangaf te willen deelnemen is een datum en tijd overeengekomen. Eén dag voorafgaand aan de overeengekomen datum is een herinnering gestuurd naar elke deelnemer.

2.2.1 In- en Exclusiecriteria

Alle deelnemers waren gezond en tussen de 18 en 28 jaar en voldeden aan de volgende criteria, deze zijn bevraagd in de informatiebrief.

- *Geen neuromusculaire aandoeningen.* Mogelijk kan er bij een neuromusculaire aandoening sprake zijn van vroegere spierversmoeidheid van ademhalingsmusculatuur. Dit kan de test resultaten negatief beïnvloeden (Simon & Kiernan, 2015; Jensen et al., 2005).
- *Geen beperkingen in respiratoire functies zoals astma en chronische obstructieve longziekten.* Als gevolg van chronische obstructieve longziekten kan een vroegere vermoeidheid van ademhalingsmusculatuur optreden. Deze spierversmoeidheid kan de test resultaten negatief beïnvloeden (Hill, 1991; Gilchrist, 2002).
- *Geen operaties aan de thorax <12 weken geleden.* Onderzoek stelt dat operaties aan de thorax chronische complicaties met zich mee kunnen brengen waaronder beperkingen van de ademhalingsmusculatuur (Siafakas, Mitrouska, Bouros, & Georgopoulos, 1999)
- *Geen (gediagnosticeerde) specifieke lage rugklachten of rugklachten in de laatste 6 maanden.* Mogelijk hebben mensen met lage rugklachten een veranderde beweging

en hoek waaronder het diafragma ligt, daardoor kan er een verandering in de dikte van het diafragma zijn (Kolar, et al., 2012).

- *Geen zwangerschap.* Als gevolg van de zwangerschap kan mogelijk het diafragma niet zijn volledige bewegingsuitslag maken, daardoor kan maximale inademing niet worden bereikt (Demedts & Decramer, 1998).
- *Geen stemproblemen.* Mensen met stemproblematiek zijn uitgesloten omdat voor dit onderzoek (grotendeels) dezelfde onderzoekspopulatie is gebruikt als voor een onderzoek naar standaardreferentiewaarden van de dikte van het diafragma. Reden voor uitsluiting van dit onderzoek is dat de stemproblematiek mogelijk een correlatie heeft met het diafragma (Pettersen & Eggebo, 2010).

2.2.2 Ethiek

Dit onderzoek is goedgekeurd door de Fontys Ethische Commissie. Alle deelnemers namen vrijwillig deel aan het onderzoek, waren wilsbekwaam en ouder dan 18 jaar. Deelnemers waren op de hoogte dat ze te allen tijde, zonder opgaaf van redenen hun deelname mochten beëindigen. Er waren geen gezondheidsrisico's verbonden aan deelname. Vooraf is onder de deelnemers een informatiebrief (Bijlage II) verspreid en het informed consent (bijlage III) ondertekend. De deelnemers is ruimschoots de mogelijkheid gegeven vragen te stellen, deze vragen zijn door de onderzoekers naar vermogen zo goed mogelijk beantwoord. Deelnemers waren maximaal 60 minuten aanwezig in de testruimte. Alle gegevens zijn geanonimiseerd en gegevens zijn niet verstrekt aan derden.

2.3 Onderzoeksprotocol

Er is volgens protocol gehandeld tijdens het onderzoeken. Voor de test- hertest zijn deelnemers binnen hetzelfde uur twee keer getest, voor dit tijdsbestek is gekozen om uitval van proefpersonen te beperken. Tussen de twee metingen door, heeft minimaal één andere onderzoeker zijn meting verricht.

Voorafgaand aan het onderzoek zijn informed consent (bijlage III) ondertekend, gestandaardiseerde instructies over houding en ademhaling gegeven (bijlage IV) en eventuele vragen beantwoord. Daarna zijn de lengte en het gewicht vastgelegd, hiermee is de body mass index (BMI) bepaald.

Voor dit onderzoek is een high-end 'Hitachi (aloka prosound alpha 7, Duitsland, 2012) gebruikt. Er is gescand in de B-mode, dit is betrouwbaar gebleken om aanspanning van musculatuur te meten (Harper, et al., 2013). Er is een lineaire transducer gebruikt. De volgende gestandaardiseerde instellingen zijn onder onderzoekers toegepast: frequentie 12 MHz, depth 4,5 (SD = 0,5), gain 88 (SD = 5) en contrast 18 (SD = 2).



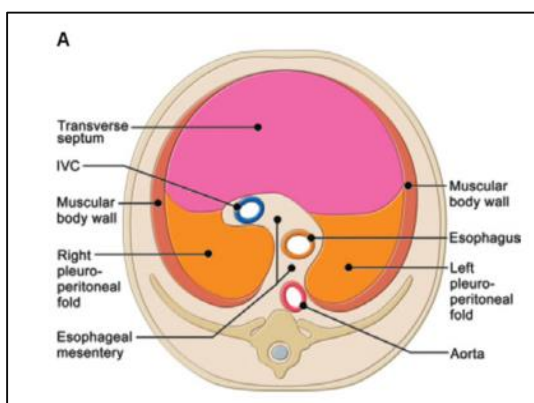
In dit onderzoek is de dikte van het diafragma aan de rechterzijde van de deelnemer gemeten, op drie momenten van de ademhalingscyclus, namelijk: respiratoire pauze, maximale inademing en maximale uitademing. Er is gekozen voor de rechterzijde omdat deze in eerdere literatuur is beschreven als beter uitvoerbaar en hoger reproduceerbaar dan de linkerzijde (Goligher, et al., 2015). De drie momenten van de ademhaling zijn gekozen vanwege reproduceerbaarheid voor vervolg onderzoek. De respiratoire pauze is een moment van de meest in dagelijks leven toegepaste ademhaling. Daarnaast is voor maximale inademing en maximale uitademing gekozen omdat deze momenten enerzijds reproduceerbaar zijn, anderzijds werd in andere literatuur bij inademing van minder dan 50% van de capaciteit geen verandering in dikte van het diafragma gemeten (Goligher, et al., 2015). Tijdens het onderzoek is de dikte gemeten tussen de anterieure- en mid-axillaire lijn (figuur 1). Om de meest functionele situatie te creëren hadden de deelnemers tijdens het onderzoek een staande lichaamshouding.



Figuur 1: Plaatsing van de transducer op het lichaam van de participant. De plaats kan meer craniaal of caudaal worden geplaatst, afhankelijk van de beweging die het diafragma maakt.

Meting van het diafragma:

Het diafragma bestaat anatomisch uit vier delen (figuur 2). Tijdens het onderzoek is de dikte van het pleuroperitoneaal membraan gemeten aan de rechterzijde (figuur 2) (Sarwal et al., 2013). Voor de meest ideale positie wordt de longschaduw als referentie gebruikt. Als eerste wordt de respiratoire pauze in beeld gebracht en opgeslagen (P1), daarna de maximale inademing (I1) en daarna de maximale uitademing (E1). De procedure wordt twee keer herhaald, zodat er van elk moment van de ademhaling drie afbeeldingen zijn. De echo's zijn vervolgens opgeslagen op een USB-stick.



Figuur 2: Schematische weergave van een transversale doorsnede van het diafragma.

Na afloop van het vastleggen van echo's zijn deze geüpload op software waarmee het bestandsformaat (dicom) kon worden geopend (Dicom Library, 2015) en als volgt gemeten: vanuit de rand van de long werd 0,5 cm het diafragma gevolgd. Dit gebeurde op de bovenste lijn van de fascia van het diafragma. Vervolgens werd het membraan op dit punt gemeten: vanuit de

binnenste lijnen van de fascia. De richting van de vezels van het diafragma is hierbij gevolgd. Het gemiddelde van de drie metingen is het testresultaat.

2.4 Statistische verwerking

Voor de statistische verwerking zijn eerst alle basisgegevens in Microsoft Office Excel 2013 genoteerd, deze gegevens bestonden uit: het deelnemersnummer, de leeftijd (in jaren), de lengte (in centimeter), het gewicht (in kilogram) en de BMI (in kg/m²). BMI is bepaald met behulp van de volgende formule: gewicht in kilogram / (lengte in meter)² (BMI uitrekenen, 2015). Daarna zijn alle afzonderlijke dikte metingen van het diafragma in centimeter genoteerd. Het gemiddelden van de diktemetingen van het diafragma zijn per deelnemer door middel van Microsoft Office Excel berekend en afgerond op twee decimalen. Per deelnemer zijn 18 echo's vastgelegd, in totaal zijn hierdoor 1188 echo's vastgelegd. Er zijn 20 echo's uitgesloten waarvan 15 om kwalitatieve redenen, de vijf andere echo's zijn verloren gegaan bij het opslaan. In totaal zijn daardoor 1168 echo's meegenomen tijdens de statistische analyse. Indien een echo moest worden uitgesloten is het gemiddelde van twee meetresultaten gebruikt

2.5 Statistische analyse

Voor de statistische analyse is: 'IBM SPSS statistics for windows, versie 21 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA)' gebruikt. De basisgegevens (leeftijd, lengte, gewicht en BMI) zijn in een staafdiagram uiteengezet, hiermee is gecontroleerd of er sprake was van een normaal verdeling van de gegevens. De normaal verdeelde data zijn beschreven met een gemiddelde en bij behorende standaard deviatie.

Voor het bepalen van de test-hertest betrouwbaarheid zijn de gemiddelde diktemetingen gebruikt, en is de Intraclass Correlation Coefficient (ICC) per fase van de ademhaling bepaald. Er is gebruik gemaakt van een 'two way mixed' model, het type is 'absolute agreement'. Vervolgens zijn de 'average measure' waarden beoordeeld op basis van de volgende schaal: slecht 0,00 - 0,20, matig 0,21 - 0,40, redelijk 0,41 - 0,60, goed 0,61 - 0,80 en zeer goed 0,81 - 1,00 (Landis & Koch, 1977). Een waarde van $p < 0,05$ werd als significant beschouwd.



3. Resultaten

Er zijn 66 deelnemers geïnccludeerd voor het onderzoek, onder de deelnemers waren 36 vrouwen en 30 mannen. In tabel 1 zijn de basisgegevens van de deelnemers beschreven.

Tabel 1: Basisgegevens van de deelnemers.

	Gemiddelde	Standaard deviatie
Leeftijd (jaren)	22,5	2,3
Lengte (centimeter)	175	9,7
Gewicht (kilogram)	73,8	14,3
BMI (kg/m ²)	23,9	3,4

Na het vastleggen van de basisgegevens zijn de ICC's berekend. Voor de respiratoire pauze is een significante ICC van 0,906 ($p < 0,001$) vastgesteld. De test- hertest betrouwbaarheid voor het meten van de dikte van het diafragma is dus zeer goed (Landis & Koch, 1977) tijdens de respiratoire pauze van de ademhaling.

Voor de maximale inademing is een significante ICC van 0,924 ($p < 0,001$) vastgesteld. De test- hertest betrouwbaarheid voor het meten van de dikte van het diafragma is dus zeer goed (Landis & Koch, 1977) tijdens de maximale inademing.

Voor de maximale uitademing is de ICC vastgesteld op 0,929 ($p < 0,001$). De test- hertest betrouwbaarheid voor het meten van de dikte van het diafragma is dus zeer goed (Landis & Koch, 1977) tijdens de maximale uitademing.

4. Discussie

De test-hertest betrouwbaarheid van het meten van de dikte van het diafragma door middel van echografie uitgevoerd door een onervaren fysiotherapeut is zeer goed (Landis & Koch, 1977) tijdens de respiratoire pauze, maximale inademing en maximale uitademing. De significante ICC-waarden variëren tussen 0,906 en 0,929. Deze score kan worden geïnterpreteerd als dat de kans dat twee metingen onder dezelfde omstandigheden per toeval overeenkomen erg klein is. In de praktijk betekend dit dat op basis van deze uitkomst (onervaren) fysiotherapeuten echografie kunnen inzetten als evaluatie van een patiënt al dan niet na interventie.

De ICC-waarden uit deze studie zijn gelijkwaardig aan reeds beschikbare literatuur (Baldwin et al., 2011; Boon, et al., 2012; Harper, et al., 2013). Dit onderzoek onderscheidt zich van de eerdere onderzoeken door een grotere onderzoeksgroep, daarnaast waren onderzoekers eerder altijd zeer ervaren met het gebruik van echografie. Bovendien is nooit eerder een staande lichaamshouding gebruikt of zijn drie momenten in de ademhalingscyclus gemeten. Dit onderzoek lijkt ook de betrouwbaarheid te bevestigen bij onervaren fysiotherapeuten en bij toepassing van een staande lichaamshouding, en op de gemeten momenten in de ademhaling.

Ondanks de zeer goede betrouwbaarheid zijn er enkele beperkingen in dit onderzoek. Ten eerste met betrekking tot de onderzoeker. Het doel van het onderzoek was de test- hertest betrouwbaarheid vast te stellen van echografie bij fysiotherapeuten met weinig ervaring. Echter is er in de literatuur geen eenduidigheid over welke hoeveelheid aan oefeningen met echografie voldoende is (Mapes-Gonnella, 2013). Uit eerder onderzoek werd geconcludeerd dat de training in echografie die de onderzoeker heeft gevolgd de grootste invloed uitoefent op de techniek en interpretatie van de onderzoeker (Mapes-Gonnella, 2013). Op basis van de beschikbare literatuur kan er voor dit onderzoek geen uitspraak worden gedaan wat de invloed van de gevolgde workshop en training is geweest op de vastgestelde ICC-waarden. Tweede beperking van het onderzoek zit in de onderzochte populatie. Er is geen rekening gehouden met factoren als geslacht, lichaamslengte en BMI. De literatuur is niet eenduidig wat de invloed van deze factoren is op het resultaat. Er zijn studies die wel een invloed van geslacht (Boon, et al., 2012), leeftijd en BMI (Boon, et al., 2012; Kantarci, et al., 2004) beschrijven en er zijn studies die beschrijven dat leeftijd en geslacht (Harper, et al., 2013) niet van invloed zijn. Tijdens dit onderzoek is een homogene groep gemeten. Vanwege het ontbreken van consensus in eerdere literatuur over invloed van deze factoren op de beeldkwaliteit, kan op basis van dit onderzoek geen uitspraak worden gedaan over betrouwbaarheid bij een heterogene groep. Ten derde zijn er beperkingen in het gebruikte protocol voor dit onderzoek. Zo is de houding mogelijk niet reproduceerbaar door diverse factoren. Tijdens het onderzoek bleek dat de houding moeilijk te standaardiseren was en dat deelnemers moeite hadden de houding gedurende het onderzoek te handhaven. In de praktijk zou het niet voor iedere patiënt, waar het meten van de dikte van het diafragma relevant is, mogelijk kunnen zijn te staan.

In het protocol is daarnaast geen meetinstrument opgenomen om vast te stellen welk volume lucht in de longen aanwezig was. In dit onderzoek bleek de ICC tijdens de respiratoire pauze van de ademhaling lager dan tijdens de maximale in- en uitademing. Een mogelijke verklaring die hiervoor kan worden gegeven is de definitie van de respiratoire pauze die is gegeven zoals in bijlage IV beschreven. Hierin wordt namelijk gesproken van het moment na een normale uitademing, voordat opnieuw wordt ingeademd. Echter is het mogelijk dat het ademvolume tijdens de normale ademhaling op één moment groter is dan op een ander moment onder invloed van diverse factoren. Gevolg kan zijn dat er meer of minder restvolume overblijft in de longen. Mogelijk dat de meting van de dikte van het diafragma daardoor beïnvloed is tijdens de respiratoire pauze. Tijdens de maximale in- en uitademing is deze invloed waarschijnlijk alleen toe te schrijven aan optredende spierversmoeidheid, omdat het maximale in- en uitademingsvolume bij de individuele patiënt gelijk blijft. In vervolgonderzoek is het mogelijk relevant om gebruik te maken van een meetinstrument om vast te stellen of eenzelfde volume word in- of uitgeademd, om de invloed van spierversmoeidheid te beperken kan daarnaast worden gekozen voor een methodologie waarbij het eerste en tweede testmoment verder uit elkaar liggen. Andere beperking in het protocol is dat slechts één zijde van elke deelnemer is gemeten. Hoewel er volgens eerder onderzoek (Harper, et al., 2013) een grote overeenkomst is tussen de dikte van het diafragma aan de linker- en rechter zijde, kunnen er mogelijk verschillen zijn in de test-hertest betrouwbaarheid van de meting. Uit eerder onderzoek is namelijk geconcludeerd dat de rechter zijde hoger reproduceerbaar is en de test beter uitvoerbaar dan aan de linkerzijde (Goligher, et al., 2015). Aan de linkerzijde van de deelnemers aan het onderzoek (Goligher, et al., 2015) bleek het diafragma niet bij iedereen in beeld te kunnen worden gebracht. Dit onderzoek laat weliswaar een grote test-hertest betrouwbaarheid zien van meting van het diafragma aan de rechterzijde, maar mogelijk is de linkerzijde gezien de conclusies uit het eerder genoemd onderzoek minder betrouwbaar. Als laatste zijn er beperkingen in de beschikbare kennis over echografie voordat het daadwerkelijk kan worden toegepast. Er is niet bekend wat de minimal detectable change (MDC) en minimal clinical important difference (MCID) is bij meting van de dikte van het diafragma door middel van echografie. Daardoor kan nog niet worden vastgesteld of echografie daadwerkelijk als evaluatie middel kan dienen voor fysiotherapeuten. Indien het MCID namelijk groter is dan de MDC, kunnen meetfouten niet worden onderscheiden van daadwerkelijke verschillen bij de patiënt.

Naast de beperkingen zijn er ook enkele sterke punten in dit onderzoek. Door de geringe ervaring van de onderzoeker is dit onderzoek bijvoorbeeld in hoge mate generaliseerbaar op fysiotherapeuten werkzaam in de eerste lijn. In de eerste lijn wordt echografie op dit moment nog in beperkte mate toegepast. Hierdoor is er nog weinig ervaring bij de therapeuten. Dit onderzoek draagt bij, echografie voor fysiotherapeuten zonder ervaring met dit middel als meetinstrument bruikbaar te maken. Daarnaast zijn nog enkele sterke punten in het gebruikte protocol. Zo onderscheidt dit onderzoek zich van andere onderzoeken door de staande houding van de deelnemers. Tijdens een staande houding zal een deelnemer de lumbale wervelkolom moeten stabiliseren, en zoals eerder beschreven is dat een van de functies van het diafragma. Dit gegeven maakt de staande houding functioneler dan de in eerdere onderzoeken toegepaste

liggende houding. Onder fysiotherapeuten is het gewenst zoveel mogelijk functioneel te testen, maar dan moet het diagnostisch middel wel betrouwbaar zijn. Dit onderzoek toont aan dat echografie ook in een functionele staande houding betrouwbaar is. Naast deze houding is tijdens eerdere onderzoeken nog niet eerder gebruik gemaakt van drie fasen van de ademhalingscyclus. Het meten van de betrouwbaarheid van de dikte meting in meerdere fasen van de ademhalingscyclus zoals tijdens dit onderzoek, draagt enerzijds net als de staande houding bij aan het aantonen van de betrouwbaarheid in een functionele situatie. De contractie bij inademing leidt tot een afvlakking van de koepelvorm van het diafragma, dit zorgt niet alleen dat ingeademd kan worden maar ook dat er intra-abdominale druk ontstaat wat leidt tot stabilisatie van de lumbale wervelkolom. Bij een inademing komen dus beide functies van het diafragma tot uiting. Anderzijds wordt tijdens uitademing het diafragma in niet gecontraheerde toestand gemeten, voor het aantonen van een atrofisch diafragma is het van belang een verschil te meten tussen ontspannen en gecontraheerde toestand. Zo zal een atrofisch diafragma geen toenemende dikte laten zien tijdens inademing, waar bij een normale functie de spiervezels verkorten wat verdikking van de spier tot gevolg heeft (Gottesman & McCool, 1997). Om echografie toe te passen als diagnostisch middel was het dus van belang de betrouwbaarheid aan te tonen van het meten van de dikte van het diafragma in zowel ontspannen als gecontraheerde toestand. De respiratoire pauze is de, in het dagelijks leven, meest toegepaste ademhaling en daardoor relevant om te meten. Als laatste sterke punt is dit onderzoek door de beschrijving van de gestandaardiseerde houdingsinstructies, ademhalingsinstructies en instellingen van apparatuur hoog reproduceerbaar.

Voordat echografie kan worden toegepast door fysiotherapeuten in de praktijk is het wenselijk verder onderzoek te doen naar de betrouwbaarheid. Eerder is al de aanbeveling genoemd om bij vervolgonderzoek een meetinstrument te gebruiken om het volume aan lucht in de longen vast te kunnen stellen, en daarnaast om de deelnemers een langere pauze tussen de eerste en tweede meting te geven. Een andere aanbeveling die voortkomt uit dit onderzoek is het uitvoeren van soortgelijk onderzoek bij een meer heterogene populatie en bij een populatie met een pathologie. Bovendien is er nog niets aangetoond over betrouwbaarheid van een meting aan de linkerzijde van de deelnemers. Naast de betrouwbaarheid zijn er ook nog beperkte gegevens over standaard waarden, MDC, MCID en over correlatie tussen de dikte van het diafragma en de functies, zoals in welk geval er sprake is van een risicofactor voor het ontwikkelen van lage rugklachten.

Op basis van de bevindingen uit dit onderzoek kan echografie worden toegepast als evaluatie middel van de therapie door fysiotherapeuten, er moet bij toepassing wel rekening worden gehouden met de beperkingen van dit onderzoek. In verband met ontbrekende gegevens over wat mag worden beschouwd als MDC en MCID in combinatie met de kleine doorsnede van het diafragma verdient het de voorkeur uit te gaan van een gemiddelde van drie metingen. Ook moet rekening worden gehouden met optredende vermoeidheid van ademhalingsmusculatuur en eventuele externe factoren die het resultaat kunnen beïnvloeden.

5.Conclusie

Echografie heeft een zeer goede test-hertest betrouwbaarheid voor het meten van de dikte van het diafragma aan de rechterzijde in de respiratoire pauze, maximale inademing en maximale uitademing in een staande lichaamshouding bij jonge gezonde proefpersonen uitgevoerd door een onervaren fysiotherapeut. Dit resultaat toont aan dat onervaren fysiotherapeuten bekwaam zijn om echografie op het diafragma toe te passen als evaluatie van een interventie in de praktijk. Desondanks is verder onderzoek naar de toepassing van echografie op het diafragma noodzakelijk.



Literatuur

- Baldwin, C. E., Paratz, J. D., & Bersten, A. D. (2011). Diaphragm and peripheral muscle thickness on ultrasound: Intra-rater reliability and variability of a methodology using non-standard recumbent positions. *Respirology*, 16, 1136 - 1143.
- Benditt, J. O., & Boitano, L. J. (2013). Pulmonary issues in patients with chronic neuromuscular disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 187(10), 1046–1055.
- BMI uitrekenen*. (2015). Opgehaald van www.bmi-uitrekenen.com: <http://www.bmi-uitrekenen.com/bmi-formule/>
- Boon, A. J., Harper, C. J., Ghahfarokhi, L. S., Strommen, J. A., Watson, J. C., & Sorenson, E. J. (2012). Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. *Muscle Nerve*, 884 - 889.
- Boussuges, A., Gole, Y., & Blanc, P. (2009). Diaphragmatic Motion Studied by M-Mode Ultrasonography: Methods, Reproducibility, and Normal Values. *Chest*, 135, 391 - 400.
- Chaitow, L. (2004). Breathing pattern disorders, motor control, and low back pain. *Journal of osteopathic medicine*, 7(1), 34 -41.
- Comerford, M. J., & Mottram, S. L. (2001). Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Manual Therapy*, 6(1), 3-14.
- Demedts, M., & Decramer, M. (1998). *Longfunctie onderzoek: technieken, toepassingen, interpretaties*. Leuven/ Apeldoorn: Garant Uitgevers N.V. .
- Dicom Library*. (2015). Opgehaald van www.dicomlibrary.com: www.dicomlibrary.com
- Doorduyn, J., van Hees, H. W., van der Hoeven, J. G., & Heunks, L. M. (2013). Monitoring of the Respiratory Muscles in the Critically Ill. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 187(1), 20 -27.
- Gerscovich, E. O., Cronan, M., McGahan, J. P., Jain, K., Jones, D., & McDonald, G. (2001). Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *Ultrasound Med*, 20, 597 -604.
- Gilchrist, J. M. (2002). Overview of Neuromuscular Disorders Affecting Respiratory Function. *Semin Respir Crit Care Med*, 23(3), 191 -200.
- Goligher, E. C., Laghi, F., Detsky, M. E., Murray, A., Brace, D., Brochard, L. J., . . . Ferguson, N. D. (2015). Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*, 41, 642 -649.
- Gottesman, E., & McCool, F. D. (1997). Ultrasound evaluation of the paralyzed diaphragm. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 155(5), 1570- 1574.
- HajGhanbari, B., Holsti, L., Road, J. D., & Darlene Reid, W. (2012). Pain in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Respiratory Medicine*, 106(7), 998-1005.
- Harper, C. J., Shahgholi, L., Cieslak, K., Hellyer, N. J., Strommen, J. A., & Boon, A. J. (2013). Variability in Diaphragm Motion During Normal Breathing, Assessed With B-Mode Ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther*, 43(12), 927–931.
- Hill, A. R. (1991). Respiratory muscle function in asthma. *J Assoc Acad Minor Phys*, 2(3), 100-8.

- Jamadar, D. A., Robertson, B. L., Jacobson, J. A., Girish, G., Sabb, B. J., Jiang, Y., & Morag, Y. (2010). Musculoskeletal Sonography: Important Imaging Pitfalls. *AJR*, 216-255.
- Janssens, L., Brumagne, S., Polspoel, K., Troosters, T., & McConnell, A. (2010). The Effect of Inspiratory Muscles Fatigue on Postural Control in People with and without recurrent low back pain. *SPINE*, 35(10), 1088 -1094.
- Janssens, L., McConnell, A. K., Pijnenburg, M., Claeys, K., Goossens, N., Lysens, R., . . . Brumagne, S. (2015). Inspiratory muscle training affects proprioceptive use and low back pain. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(1), 12-19.
- Jensen, M., Hoffman, A., & Cardenas, D. (2005). Chronic pain in individuals with spinal cord injury: a survey and longitudinal study. *Spinal Cord*, 704–712.
- Kantarci, F., Mihmanli, I., Demirel, M. K., Harmanci, K., Akman, C., Aydogan, F., . . . Uysal, O. (2004). Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition. *J Ultrasound Med*, 23, 255 -260.
- Kapanji, I. A. (2009). *Bewegingsleer: Deel III De romp en de wervelkolom*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Kolar, P., Sulc, J., Kyncl, M., Sanda, J., Cakrt, O., Andel, R., . . . Kobesova, A. (2012). Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of Othopaedic and Sports Physical Therapy*, 42(4), 352 -363.
- Kooijman, M., Barten, J., Swinkels, I., & Veenhof, C. (2010). Jaarcijfers 2010 en trendcijfers 2006-2010 fysiotherapie. *Landelijke informatievoorziening paramedische zorg*.
- Kovacs, F. M., Abaira, V., Zamora, J., del Real, M., Llobera, J., & Fernández, C. (2004). Correlation between pain, disability, and quality of life in patients with common low back pain. *Spine*, 29(2), 206 -210.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159 - 174.
- Mapes-Gonnella, T. (2013). The impact of education: had the failure to standardize musculoskeletal sonography undermined its value? *Journal of diagnostic medical sonography*, 29(6), 260 -268.
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., . . . Wanger, J. (2005). Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*, 26, 319- 338.
- Müller, R., & Büttner, P. (1994). A critical discussion of intraclass correlation coefficients. *Statistics in medicine*, 13, 2465 -2476.
- Mutluay, F. K., Gürses, H. N., & Saip, S. (2005). Effects of multiple sclerosis on respiratory functions. *Clin Rehabil*, 19(4), 426-432.
- Noda, Y., Sekiguchi, K., Kohara, N., Kanda, F., & Toda, T. (2015). Ultrasonographic diaphragm thickness correlates with compound muscle action potential amplitude and forces vital capacity. *Muscle and Nerve*.
- Noh, D. K., Lee, J. J., & You, J. H. (2014). Diaphragm Breathing Movement using Ultrasound and Radiographic Imaging: A Concurrent Validity. *Bio-Medical Materials and Engineering*(24), 947–952.
- O'Sullivan, P. (2000). Lumbar segmental “instability”: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*, 5(1), 2-12.

- Pettersen, V., & Eggebø, T. M. (2010). The movement of the diaphragm monitored by ultrasound imaging: Preliminary findings of diaphragm movements in classical singing. *Logop Phoniatr Vocology*, 35(3), 105 - 112.
- Pinto, S., Alves, P., Pimentel, B., Swash, M., & de Carvalho, M. (2015). Ultrasound for assessment of diaphragm in ALS. *Clinical Neurophysiology*, 127(1), 892-897.
- Sarwal, A., Walker, F. O., & Cartwright, M. S. (2013). Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. *Muscle and Nerve*, 47(3), 319-329.
- Siafakas, N. M., Mitrouska, I., Bouros, D., & Georgopoulos, D. (1999). Surgery and the respiratory muscles. *Thorax*, 54, 458 - 465.
- Simon, N. G., & Kiernan, M. C. (2015). Diaphragm ultrasound in amyotrophic lateral sclerosis and other neuromuscular disorders. *Clinical Neurophysiology*, 127, 28-30.
- Smith, M. D., Russell, A., & Hodges, P. W. (2006). Disorders of breathing and continence have a stronger association with back pain than obesity and physical activity. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 52(1), 11-16.
- Tzelepis, G. E., & McCool, D. F. (2015). Respiratory dysfunction in multiple sclerosis. *Respiratory Medicine*, 109(6), 671–679.
- WikiStatistiek. (2015). *Wiki Statistiek*. Opgehaald van www.wikistatistiek.amc.nl: https://wikistatistiek.amc.nl/index.php/Intraclass_correlatie_coefficient

Bijlage I: Uitnodigingsbrief

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; 1 speech therapist, 3 physiotherapists and 1 MBRT (radiography, imaging study) student. 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 diaphragm muscle 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 value of the muscles mentioned above.

The testing will take place in between the time frames of the 19th of October until the 9th November at Fontys Paramedische Hogeschool in the following rooms: 0.312; 0.424. 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,

Nadia Giampellegrini; Emilie Vallance; Rowaya van der Burgt, Mélanie van Ravels & Miriam ter Stege



Bijlage II: Informatiebrief

Dear Participant,

We would like to thank you for volunteering to participate in our study. We are graduate students from physiotherapy, speech and language therapy as well as MBRT (medical imaging and radiation 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 pain and respiratory conditions such as COPD (chronic obstructive pulmonary disease) have a cause-effect relationship with the abdominal muscles as well as the diaphragm. Weak/atrophied muscles or poor activation can often cause breathing as well as lower back complaints, but poor quality function of the muscles can also be due to disuse in patients with COPD.



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. Furthermore, the differences between 2 different ultrasound system devices will be measured as well to see if this affects the diagnostic process.

Who can participate:

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

- 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
- A BMI $>30\text{kg/m}^2$



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 your name and age. 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 diaphragm will be imaged using Musculoskeletal Ultrasound. In order to achieve this you will be asked to lift up your shirt to expose your stomach. For the female participants, we advise to wear a bikini top during the measurements. Next, some gel will be applied to the transducer (see image above) which will then be placed just below 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,

Nadia Giampellegrini, Emilie Vallance, Miriam ter Stege, Rowaya van der Burgt, Mélanie van Ravels



Bijlage III: Informed Consent

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. I consent voluntarily to be a participant in this study.

- 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: Instructies voor de deelnemer

Ademhalingsinstructies: (Miller, et al., 2005)

1. Respiratoire pauze: dit is gedefinieerd als het moment na de normale uitademing van de deelnemer. Instructie naar de deelnemer was om zijn/haar normale ademhaling voort te zetten terwijl de transducer op het lichaam staat. Wanneer hij/zij normaal (dus niet maximaal) uitademde, hield de deelnemer dit gedurende 3 seconden vast.
2. Maximale inademing: de deelnemer ademde uit alvorens volledig in te ademen zodat er geen lucht meer bij kon. De deelnemer hield dit opnieuw 3 seconden vast.
3. Maximale uitademing: de deelnemer ademde diep in alvorens maximaal uit te ademen zodat er geen lucht meer uit kan. De deelnemer hield dit 3 seconden vast.
4. De deelnemer was op de hoogte van het feit dat hij/zij te allen tijde een pauze kon nemen indien hij/zij hier behoefte aan had. Patiëntveiligheid komt op de eerste plaats.

Lichaamshouding:

Deelnemers zijn zonder schoenen getest. Deelnemers stonden met de hakken (voeten in een hoek van 90 graden met de muur) en rug tegen de muur. Voeten stonden op heupbreedte. Dit om een zo neutraal mogelijke stand van de wervelkolom te garanderen. Om te voorkomen dat de deelnemer mee kon kijken op het scherm, moest de deelnemer recht zich uit kijken en was het scherm weggedraaid van de deelnemer. De hand van de te onderzoeken zijde rustte op het hoofd van de deelnemer. Om de ademhaling herhaaldelijk uit te kunnen voeren werd de deelnemer gevraagd het hoofd in een lichte elevatie te houden.