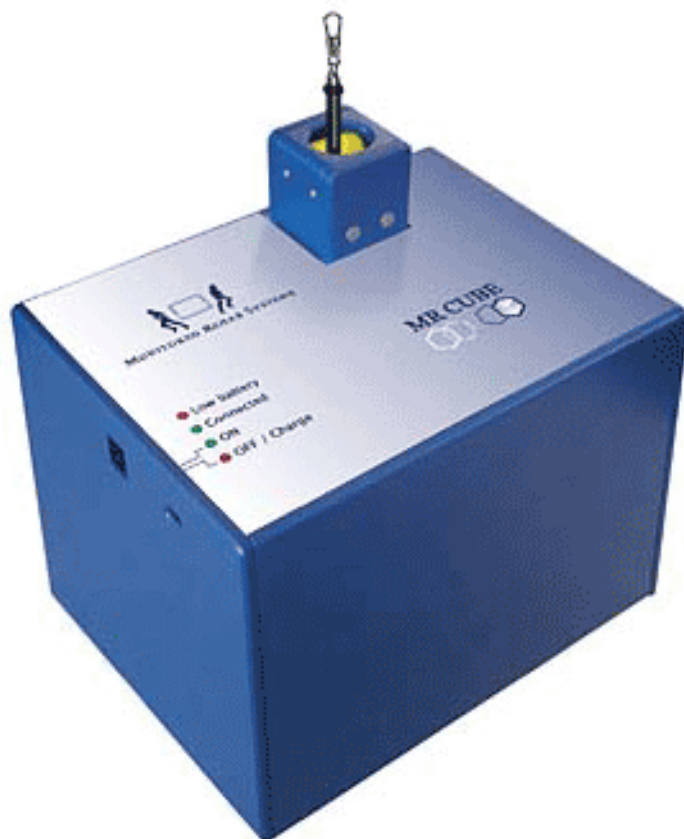


De validiteit van een Linear Position Transducer (type: MR Cube) bij het meten van vermogen gedurende een back squat

In opdracht van het Universitair Sport Medische Centrum Groningen en de Hanzehogeschool, opleiding fysiotherapie



2017

Sander van Dam

Studentnummer: 313540

Datum: 11 juni

Begeleider: Martin Brouwer

“De validiteit van een Linear Position Transducer (type: MR Cube) bij het meten van vermogen gedurende een back squat”

Persoonlijke gegevens

Sander van Dam

313540

s.j.van.dam@st.hanze.nl

Opleiding tot fysiotherapeut

Groningen

Februari 2017 t/m juni 2017

Uitgevende instantie

Hanzehogeschool Groningen, opleiding fysiotherapie

Opdrachtgever

Universitair Sport Medische Centrum Groningen

Hanzehogeschool, opleiding fysiotherapie

Begeleiders

Gertjan Hulzinga (Universitair Sport Medische Centrum Groningen)

Martin Brouwer (Hanzehogeschool Groningen)

Bron van afbeelding

Monitored Rehab Systems —MR Cube. CDM Sports [internet site]. Beschikbaar via:

http://www.cdmsport.com/products/mrs_cube.html

Voorwoord

Voor u ligt de bachelor scriptie "De validiteit van een Linear Position Transducer (type: MR Cube) bij het meten van vermogen gedurende een back squat". In deze studie wordt onderzocht hoe valide een LPT is voor het meten van spiervermogen. De validiteit van het instrument wordt onderzocht door de uitkomsten van de LPT te vergelijken met de uitkomsten van een krachtplaat, de referentiestandaard voor het meten van vermogen. Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn afstudeeropdracht van de opleiding fysiotherapie aan de Hanzehogeschool te Groningen. Het Universitair Sport Medische Centrum Groningen was de opdrachtgever. Deze scriptie is geschreven in de periode februari 2017 tot en met juni 2017.

Graag zou ik deze mogelijkheid willen gebruiken om een aantal mensen in het bijzonder te bedanken. Ten eerste Gertjan Hulzinga. Gertjan was aanspreekpunt en opdrachtgever gedurende mijn scriptie. Daarnaast zou ik graag Mark Korte willen bedanken voor het actief meedenken en adviseren over problemen waar ik gedurende het schrijven van deze scriptie tegenaan liep. De derde persoon die ik wil bedanken voor de fijne begeleiding en ondersteuning gedurende dit traject is Henk van der Worp. Begeleiding vanuit de Hanzehogeschool verliep via Martin Brouwer. Ik heb de begeleiding als aangenaam en nuttig ervaren, mijn dank daarvoor. Tot slot wil ik graag alle participanten bedanken die mee hebben gewerkt aan dit onderzoek. Zonder deelnemers aan het onderzoek was het onmogelijk geweest om deze scriptie tot stand te laten komen.

Ik wens u veel lees plezier toe,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. van Dam', with a stylized flourish extending from the end.

Sander van Dam

Student aan de voltijd opleiding fysiotherapie aan de Hanzehogeschool Groningen

Groningen, 11 juni 2017

Kernwoorden: LPT, krachtplaat, validiteit, correlatie, 'random error'

Samenvatting

Aangezien een krachtplaat niet altijd een praktische en kosteneffectieve oplossing is, wordt een Linear Position Transducer (afgekort als LPT) steeds populairder als vervanger voor het meten van spiervermogen gedurende weerstandstraining. Zonder een valide en betrouwbaar meetinstrument kan verbetering of terugval gedurende de sportrevalidatie niet of nauwelijks objectief in maat en getal worden weergegeven. Evalueren van de voortgang van een revalidant wordt daardoor onmogelijk. De therapeuten van het Universitair Sport Medische Centrum Groningen vroegen zich af of een LPT een krachtplaat kon vervangen. De volgende vraagstelling voor deze scriptie is toen geformuleerd: "Is een Linear Position Transducer (model: MR Cube) een valide instrument om spiervermogen te meten gedurende het uitvoeren van een back squat bij personen tussen de 20 en 35 jaar?". Deze scriptie heeft als doel om de validiteit van de aanwezige LPT voor het meten van spiervermogen in kaart te brengen. Om de validiteit van de LPT te onderzoeken werd het gemiddelde concentrische piekvermogen (uit vijf herhalingen) van een krachtplaat vergeleken met het gemiddelde concentrische piekvermogen (uit vijf herhalingen) van de LPT. Uit de statistische analyse moest blijken of er wel of geen samenhang is tussen de beide instrumenten. In totaal hebben 23 sportende participanten met een leeftijd variërend van 20 t/m 35 jaar meegedaan aan het onderzoek. De data bleek na analyse van de Q-Q plots en het uitvoeren van de toetsen van Kolmogorov-Smirnov en Shapiro-Wilk normaal verdeelt. Er werd een Pearson correlatiecoëfficiënt van $r = ,772$ gevonden en er was geen proportionele bias of systematische bias aanwezig. Een Bland-Altman plot werd gebruikt om de aanwezigheid van 'random error' (willekeurige fout) te analyseren, deze bedroeg ± 120 Wattage. De 'limits of agreement' van de Bland-Altman plot lagen tussen de 130 en de -110 Wattage. Op groepsniveau lijkt er dus een redelijke samenhang tussen beide instrumenten. Echter zorgt het optreden van hoge 'random error' en de grote spreiding in de 'limits of agreement' er voor dat de LPT niet in staat is om (consequent) valide een verbetering of verslechtering van het spiervermogen bij sportende individuen tussen de 20 en 35 jaar oud te weergeven.

Desondanks kan naar mening van de auteur van dit artikel de LPT wel worden ingezet als toevoeging aan de oefentherapie gedurende het revalidatietraject. Indien de juiste modules worden gekozen zou de LPT bij kunnen dragen aan het trainen van bijvoorbeeld sport specifieke hoeksnelheden, het specifiek spieruithoudingsvermogen van een sporter of als leuke tool ter afwisseling om de motivatie van een revalidant te behouden.

Keywords: LPT, force plate, validity, correlation, 'random error'

Summary

The use of a force plate isn't always a practical and cost-effective way to measure muscle power. Therefore other tools, like a Linear Position Transducer (LPT), becoming more popular as a substitute for measuring muscle power during resistance training. It's difficult to detect improvement or impairment objectively during the sports rehabilitation without a valid and reliable measurement tool. This makes evaluation of the intervention impossible. The therapists of the University Sports Medic Centre Groningen were wondering if a LPT can replace a force plate. Therefore the following question for this thesis was formed: "Is a Linear Position Transducer (model: MR Cube) a valid tool to measure muscle power during a back squat by persons between the 20 en 35 years old?". Validity of the LPT was assessed by comparing the mean concentric peak power (out of five repetitions) received from the force plate with the mean concentric peak power (out of five repetitions) received from the LPT performed by 23 different sporting participants. The statistical analysis must indicate the level of coherence between the two instruments. The age of the participants differed from 20 to 35 years old. After analysing the Q-Q plots and the tests of Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk the received data turn out to be normal. A Pearson correlation coefficient of $r = .772$ was found and there was no proportional or systematic bias presented. A Bland-Altman plot was used to detect 'random error'. An 'Random errors' of ± 120 Watt was found. The 'limits of agreement' of the plot were between the 130 and -110 Watt. Looking at the group level, a strong correlation was found. These estimations are limited by the presence of large 'random error' and the large spread of the 'limits of agreement'. Therefore the LPT isn't capable of measuring (consequently) a valid improvement or impairment of the muscle power for sporting individuals between the age of 20 and 35 years old.

So the LPT can't be used as a tool for measuring differences in muscle power during the sports rehabilitation of an individual. Despite the lack of validity, according to the writer of this article, a LPT can be used as an extra tool in the exercise program of the sports rehabilitation. When choosing the right module, the LPT can (for example) be used in training sport specific angles, for training sport specific muscle stamina or just as a nice tool to maintain the motivation of an individual during the sports rehabilitation.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Summary	4
Inleiding	6
Methode	7
Design	7
Selectie van participanten	7
Procedure van het onderzoek	7
Instellen van de meetinstrumenten	8
Basisopstelling en testprocedure	8
Sample size	10
Datacollectie.....	10
Statistische analyse	10
Resultaten	11
Beschrijvende statistiek.....	11
Normaliteit	12
Correlatie.....	13
Systematische en proportionele bias	13
Bland-Altman plot	14
Discussie	15
Sterke en zwakke punten van het onderzoek	16
Conclusie	17
Relevantie.....	17
Referenties	18
Bijlage 1, informatiebrief validiteitsstudie Linear Position Transducer	20
Bijlage 2, toestemmingsverklaring participanten	21
Bijlage 3, script Matlab.....	22
Bijlage 4, medische ethische toetsing	23

Inleiding

Niet zelden hoor je sporters klagen dat ze te traag bewegen gedurende een wedstrijd. Vaak wordt dan aanbevolen om te starten met krachttraining zodat de sporter meer kracht kan genereren [1]. Zodra een sporter over meer kracht bezit zou hij immers in staat moeten zijn om een krachtigere afzet te bewerkstelligen waardoor hij zich sneller kan verplaatsen. Om de situatie beter te schetsen volgt een voorbeeld: De 1 RM van sporter X gedurende een back squat was aan het begin van het seizoen 50KG. Tegenwoordig back squat hij 100 KG. Toch wordt hij maar niet sneller, hoe kan dat?

Fysieke training krijgt in de fysiotherapie (hands-off werken) en in de (top)sport steeds meer aandacht [2]. Toch wordt tot op heden gedurende fysieke (kracht)training vaak alleen naar de variabelen; type en volgorde van de oefeningen, sets, herhalingen, intensiteit en hersteltijd gekeken [3]. De variabele 'bewegingssnelheid' wordt vaak achterwegen gelaten gedurende de training. Uit onderzoek blijkt dat de bewegingssnelheid een factor is die mede bepalend lijkt te zijn voor het presterend vermogen van een sporter [4,5]. Deze vaardigheid kan enkel getraind worden door oefeningen met een specifieke trainingsprikkel [4,5]. Zo beschikt de hierboven geschetste sporter door zijn krachttraining over meer maximaalkracht, maar zal zijn bewegingssnelheid niet toenemen omdat de sporter niet in staat is de kracht in een kort tijdsbestek te genereren. De mate van bewegingssnelheid wordt in de literatuur vaak geassocieerd met de hoeveelheid spiervermogen van een individu [6]. De definitie van spiervermogen wordt omschreven als "the ability to generate force rapidly and is calculated as work divided by time" [7]. Om sneller over het sportveld te bewegen zou de speler dus meer baat hebben bij het verbeteren van zijn hoeveelheid spiervermogen dan het verhogen van de maximaalkracht.

Er zijn dus aanwijzingen dat het trainen van het spiervermogen de prestaties van een sporter ten goede komt. Om een dergelijke voortgang door training vast te kunnen stellen is een valide en betrouwbaar meetinstrument nodig. Op dit moment is het mogelijk om direct het spiervermogen van een functionele oefeningen te bepalen met behulp van een krachtplaat. Een krachtplaat wordt gezien als de referentiestandaard voor het meten van spiervermogen [8,9,10,11]. Echter is een dergelijke plaat kostbaar en vaak niet praktische in de omgang, waardoor een krachtplaat vaak alleen terug te vinden is in een laboratorium setting en niet in de dagelijkse (sport)praktijk [12].

In het Universitair Sport Medische Centrum Groningen (USMCG) wordt gedurende de sportrevalidatie inmiddels de bewegingssnelheid in functionele oefeningen getraind. De therapeuten trainen deze vaardigheid om de geblesseerde sporter zo goed mogelijk voor te bereiden op 'return to play'. Vooral bij de revalidanten van een voorste kruisband ruptuur wordt er aandacht aan het verbeteren van het spiervermogen besteedt. Bij deze groep revalidanten is bekend dat postoperatief vaak quadriceps kracht verloren is gegaan en het terug winnen van deze kracht moeizaam kan verlopen [13]. Op dit moment zijn de eventuele verbeteringen gedurende de revalidatie niet of nauwelijks objectief in maat en getal weer te geven. Hierdoor is het zetten van een baseline en het evalueren van voortgang in de tijd onmogelijk. Dit, terwijl het accuraat en betrouwbaar onderzoeken van kracht en vermogen fundamenteel is voor zowel training als revalidatie [14]. Vanuit deze probleemstelling ontstond de vraag of een Linear Position Transducer (LPT), die aanwezig is in het USMCG, in staat is om valide en betrouwbaar het huidige spiervermogen van een revalidant te meten gedurende een functionele oefening. In opdracht van het USMCG is in een voorgaande studie door Klappe reeds de test-hertest betrouwbaarheid van de aanwezige LPT gedurende het uitvoeren van een Bulgarian Split Squat aangetoond (ICC: $R = 0,914$, $L = 0,917$) [15]. Deze studie is een vervolg op

het uitgevoerde onderzoek. Uit de probleemstelling is de volgende vraag geformuleerd: “Is een Linear Position Transducer (model: MR Cube) een valide instrument om spiervermogen te meten gedurende het uitvoeren van een back squat bij personen tussen de 20 en 35 jaar?”. Als de validiteit goed blijkt te zijn kan een vervolg studie uit gaan wijzen of een dergelijk meetinstrument in de toekomst in gezet kan worden bij de sportrevalidatie in USMCG.

Methode

Design

Een LPT kan met behulp van een kabel (bevestigd aan een object of persoon) verplaatsing gedurende een bepaalde tijdsperiode meten. Deze gegevens worden vervolgens via een bluetooth connectie naar een computer gestuurd waar met behulp van differentiatie de data wordt omgezet in verschillende krachttuitkomsten. Door het totaal gewicht van het object of persoon dat verplaatst wordt handmatig in het systeem in te voeren kan de LPT het spiervermogen bepalen [16].

In deze studie werd getracht om de criterium validiteit van de LPT (type: Mr. Cube, model: 00414) die aanwezig is in het USMCG te bepalen. In deze studie werd gekeken of het meetinstrument in staat is om valide het spiervermogen gedurende een back squat in kaart te brengen. Om de validiteit van de aanwezige LPT in het USMCG te onderzoeken werd het gemiddelde concentrische piekvermogen (uit vijf herhalingen) van de LPT vergeleken met het gemiddelde concentrische piekvermogen (uit vijf herhalingen) van een krachtplaat. Een dergelijke plaat is aanwezig in de loopband van de inspanningsruimte van het USMCG en was gebruikt voor dit onderzoek. Uit de resultaten moest blijken of er wel of geen samenhang is in de uitkomsten van beide instrumenten. Na medische ethische toetsing bleek dat dit onderzoek onder het toetsingskader niet-WMO-plichtig onderzoek valt. Het uitvoeren van de metingen werd gedaan in de periode 10 april 2017 t/m 25 april 2017.

Selectie van participanten

Om de conclusie van het onderzoek zo goed mogelijk te kunnen generaliseren voor de groep die gebruik wil gaan maken van het meetinstrument, werden participanten geselecteerd aan de hand van inclusie en exclusiecriteria. Een participant werd geïncludeerd zodra hij/zij mee wilden werken aan het onderzoek, de huidige leeftijd tussen de 20 en 35 jaar lag en indien de persoon in staat was om een back squat volgens het beschreven protocol uit te voeren. Een participant werd geëxcludeerd van deelname zodra een blessure of andere aandoening aanwezig was waardoor niet gegarandeerd kon worden dat de test pijnvrij (NPRS >3) en veilig kon worden uitgevoerd (onder andere een forse bewegingsbeperking in één of meer gewrichten van de onderste extremiteit en neurologische aandoening werden geëxcludeerd). Aangezien deze studie een validiteitsstudie betreft werden kruisband rupturen en andere blessures in het verleden (>6 maanden geleden) niet geëxcludeerd.

Procedure van het onderzoek

De proefopstelling werd zo ingericht dat gedurende het uitvoeren van de back squat zowel de krachtplaat als de LPT de benodigde gegevens verzamelde. Er was gekozen voor deze opstelling (beide metingen gedurende dezelfde set) om meetfouten tussen 2 sets uit te sluiten. Zo kon onder anderen een leereffect [15], een slechter gaande set, interne motivatie om beter te presteren in een tweede set en/of optredende vermoeidheid de resultaten beïnvloeden.

Instellen van de meetinstrumenten

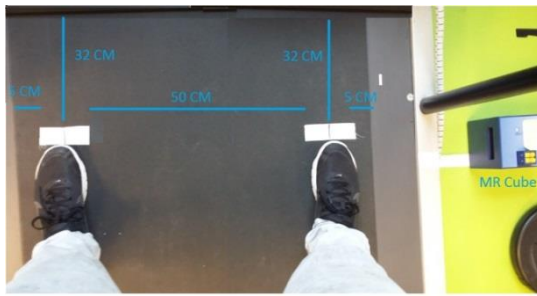
De krachtplaat was van het type Actigraph en de software applicatie die gebruikt werd was GaitForce. Via de knop 'Client' werd een file aangemaakt voor de meting van een participant. Via de knop 'Registratie' werd vervolgens de file geselecteerd. Eenmaal in de file werd de krachtplaat gekalibreerd en het lichaamsgewicht van de participant ingesteld. Door op 'OK' te klikken werd de test gestart en na afloop van de test werd de krachtplaat uitgeschakeld via de knop 'STOP', waarna de gegevens (grondreactiekracht in Newton per 0,001 seconde) automatisch werden opgeslagen. Via de knop 'configuratie' → 'beheren grafieken' konden de gegevens worden geëxporteerd naar een Microsoft Excel bestand. Voor het verzamelen van gegevens met de LPT is de MR Cube module in de MR Systems software (versie 4.6.0.3) gebruikt. Voor dit onderzoek werd het onderdeel 'power-test' gebruikt. Deze module berekend aan de hand van de verplaatsing van het object/de persoon en de tijdsduur die hiervoor nodig was automatische de hoeveelheid arbeid (uitgedrukt in Joules) en de hoeveelheid vermogen (uitgedrukt in Wattage) voor de uitgevoerde activiteit. Het totaal gewicht van de barbell bedroeg 30% van het lichaamsgewicht [17]. Dit totaal gewicht was per participant verschillend en moest daarom steeds afzonderlijk worden ingesteld in de module. De hoeveelheid herhalingen die gemaakt dienden te worden werd ingesteld op vijf en de start positie van de test werd ingesteld op 'bottom'. De 'Range Of Motion acceptatie' werd op aanbeveling van Klappe ingesteld op 80% [15]. Een ROM acceptatie van 80% houdt in dat er minimaal een bewegingsuitslag van 80% moet worden behaald (ten opzichte van de ingestelde ROM waarden) om de herhaling mee te laten tellen. Een ROM <80% betekend dat er een extra herhaling gemaakt diende te worden. Er is voor een acceptatie van 80% gekozen om het moeten maken van extra herhalingen gedurende de test te minimaliseren. Voor het analyseren van de data is het niet gewenst dat de LPT één van de herhalingen niet mee telt aangezien de krachtplaat geen ROM acceptatie heeft en de herhaling wel meet. Deze discrepantie kon verwarring in de verkregen resultaten opleveren.

Basisopstelling en testprocedure

Vooraf aan het onderzoek werd aan elke participant uitleg verstrekt over het doel van het onderzoek, de inhoud van de testprocedure en het feit dat alle gegevens anoniem en uitsluitend voor dit onderzoek werden gebruikt. Er werd tevens aangegeven dat de participant op ieder moment en zonder het opgeven van een verdere reden mag afzien van deelname aan het onderzoek. Vooraf aan de test werd van elke participant de volgende gegevens opgevraagd: leeftijd, geslacht, lichaamsgewicht, voorkeursbeen, sport en sportfrequentie per week. Deze gegevens werden gebruikt om later de participantenpopulatie zo volledig mogelijk te kunnen omschrijven. Als bewijs dat de participant op de hoogte was gesteld van bovengenoemde zaken werd gevraagd om een toestemmingsverklaring (informed consent) te ondertekenen.

De plek waar de voeten van de participant op de krachtplaat neergezet dienden te worden was gemarkeerd met behulp van 2 stukken tape op de loopband. Het loopvlak van de loopband is in totaal 80 centimeter breed. Beide stukken tape waren 5 cm van de zijkant van de band geplakt. Het midden van de tape was aangegeven met een blauwe streep, hier diende de neus van de schoen tegenaan gezet te worden. De afstand van de tape tot de voorkant van het loopvlak was 32 cm. Doordat de voeten van elke participant steeds op dezelfde druksensoren werden geplaatst, werd getracht om meetfouten zo minimaal mogelijk te houden (figuur 1). De loopband werd voor elke meting gekalibreerd en gecontroleerd op zowel validiteit (is de gegeven grondreactiekracht gelijk aan de hoeveelheid massa van het totaalgewicht van de participant) als betrouwbaarheid (meet de krachtplaat steeds dezelfde grondreactiekracht in Newton). De kabel van de LPT werd met behulp

van een magneet aan een barbell bevestigd en het meetinstrument werd vervolgens horizontaal aan beide stukken tape geplaatst (figuur 2).



Figuur 1. Plaatsing van de voeten op de krachtplaat



Figuur 2. Basisopstelling

Voor het testmoment aan werd een lichte warming-up uitgevoerd door de participant; het uitvoeren van tien back squat zonder extra toegevoegd gewicht waarbij feedback over de uitvoering van de squat werd gegeven. Vervolgens werd de oefening minimaal vijf keer geoefend in de proefopstelling (met een barbell van 10 KG van het type technogym). Er werd doorgegaan met oefenen in de proefopstelling totdat de oefening correct volgens protocol, beschreven door Manuel, *et al.*, kon worden uitgevoerd [14]. Het protocol was als volgt: “de participant stond in startpositie met de knieën en heupen volledig gestrekt met de barbell gedragen op de schouders ter hoogte van het acromion. Er werd excentrische en gecontroleerd ingezakt totdat de maximale kniehoek (figuur 3) was bereikt. De rug diende ten alle tijden recht te blijven en de participant moest gedurende de gehele test recht vooruit blijven kijken”. Daarnaast moesten de voeten tijdens het gehele testmoment contact houden met de krachtplaat en mocht de barbell niet los komen van de schouders. Indien het totaal gewicht van de barbell niet 30% van het lichaamsgewicht van de participant bedroeg, kon extra gewicht worden toegevoegd door gewichtsschijven (type: technogym) te plaatsen. De testprocedure bestond uit het uitvoeren van vijf back squats waarbij twee seconden excentrische en gecontroleerd werd ingezakt waarna vervolgens zo snel mogelijk concentrische naar de begin positie werd bewogen.

Aan het eind van het onderzoek werd geëvalueerd of er pijn was ervaren gedurende of na de test, dit werd gedaan met behulp van de NPRS 1-10. Participanten die teveel pijn (NPRS>3) hadden ervaren werden geëxcludeerd van deelname. Enerzijds omdat pijn voor mogelijk ongewenste compensatie strategieën kon zorgen wat de uitkomsten van de meetinstrumenten kon beïnvloeden (bijvoorbeeld latroflexeren waardoor mogelijk een scheve uittrekking van de kabel ontstaat) en anderzijds het niet de intentie van de onderzoeker was om de participanten pijn te laten ervaren.



Figuur 3 en 4. Start- en eindpositie van de back squat

Sample size

Voordat gestart kon worden met het werven van participanten moest de minimale groepsgrootte (sample size) voor het onderzoek worden vastgesteld. Het bepalen van de sample size is belangrijk om de bevindingen uit het onderzoek beter te kunnen generaliseren. Om deze minimale sample size vast te stellen is gebruik gemaakt van de beschreven poweranalyses door Walter, Eliasziw & Donner [18]. In deze berekening moest worden aangegeven wat de N-waarde van het onderzoek is en de minimale en maximale correlatiecoëfficiënt die aangetoond diende te worden. De alfa ($P < 0,05$) en power (80%) zijn in deze berekening gestandaardiseerd. Een correlatiecoëfficiënt $> 0,6$ wordt gezien als een sterke correlatie [19]. Om deze reden is gekozen voor een waarde van het coëfficiënt met een interval van 0,7-0,9. De N-waarde werd vastgesteld op 1. Uit de analyse bleek dat er een minimale groepsgrootte van 18,4 participanten nodig was om een uitspraak te kunnen doen over de samenhang van beide meetinstrumenten. Omdat eventueel foutieve metingen konden worden uitgevoerd is besloten om 10% extra metingen te verrichten bovenop de minimale groepsgrootte. Er werd door de onderzoeker gestreefd om 21 participanten te werven om mee te werken aan het onderzoek. Studenten, kennissen en werknemers/bezoekers van de fitnessruimte van het USMCG zijn benadert om mee te werken aan het onderzoek.

Datacollectie

Van elke gemaakte herhaling werd, van zowel de krachtplaat als de LPT, het piekvermogen bepaald. Het piekvermogen (per herhaling) dat werd verkregen uit de LPT werd direct opgeslagen in een tabel in het programma 'Word (Microsoft 2010)'. De data verkregen uit de krachtplaat werd eerst via een script in het programma 'Matlab (versie: R2014a, Mathworks)' verwerkt. Met behulp van Matlab werd de grondreactiekracht in Newton omgerekend naar de grootte vermogen, uitgedrukt in Wattage. Na het omrekenen werd ook van deze data het piekvermogen per herhaling bepaald en vervolgens verwerkt in de tabel in Word. Zodra er voldoende participanten waren getest werd de data getransporteerd naar het programma 'Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS Statistics version 23)'. In dit programma werden alle verdere statistische analyses uitgevoerd.

Statistische analyse

De kenmerken van de participantengroep werden beschreven in een tabel. Van de vijf verkregen piekwaarden van zowel de LPT als het krachtplaat werd het gemiddelde piekvermogen van de herhalingen tezamen berekend (weergegeven als GemLPT en gemKP). Een boxplot en een tabel werden gebruikt om een (vereenvoudigde) verdeling van deze data inzichtelijk te maken. Met de Q-Q plots en de toetsen van Kolmogorov-Smirnov en Shapiro-Wilk werd bepaald of de gegevens normaal verdeelt waren. Zodra bleek dat de data normaal verdeeld was, werd een Pearson correlatiecoëfficiënt (r) berekend om de samenhang tussen beide meetinstrumenten te analyseren. De P-waarde werd bepaald op $P < 0,05$. Om de aanwezigheid van proportionele bias te bepalen was een regressie analyse uitgevoerd. Een regressielijn van 1,0 betekend dat beide meetinstrumenten dezelfde hoeveelheid Wattage weergeven. Wijkt deze lijn af van de 1,0 dan was er sprake van een scheve toename of afname van de LPT. Om te bepalen of er sprake was van een systematische bias werd de systematische afwijking bepaald. Deze afwijking weergeeft de gemiddelde afwijking van de LPT ten opzichte van de krachtplaat (gezien op groepsniveau).

Uit bovenstaande data werd vervolgens het gemiddelde piekvermogen van beide meetinstrumenten samen (GemKPenLPT) en het verschil in piekvermogen van beide gemiddelden (verschilKPenLPT) berekend. Deze gegevens werden gebruikt om een Bland-Altman plot te maken. Met deze plot kan

de aanwezigheid van 'random error' worden geanalyseerd. Op de X-as werd de variabele gemKPenLPT uitgezet en op de Y-as werd de variabele verschilKPenLPT uitgezet. Elke stip in de plot geeft een participant weer. De middenlijn geeft de systematische afwijking weer. De bovenste en onderste lijn ('limits of agreement') geven aan dat 95% van alle metingen tussen deze twee waarden vallen. De bovenlijn wordt als volgt berekend: (*gemiddeld+2 Standaarddeviatie*) en de onderlijn op een soort gelijke manier: (*Gemiddelde-2 Standaarddeviatie*). De 'random error' wordt bepaald door: (*limit of agreement- systematische afwijking*) [20,21].

Resultaten

Beschrijvende statistiek

In totaal hebben er 23 participanten (N=23) meegewerkt aan het onderzoek. Het betrof 17 mannen (73,9%) en 6 vrouwen (26,1%). Alle deelnemende participanten beoefenden op dit moment een sport. In tabel 1 is een overzicht van de verdere beschrijvende statistiek van de onderzoekspopulatie weergegeven.

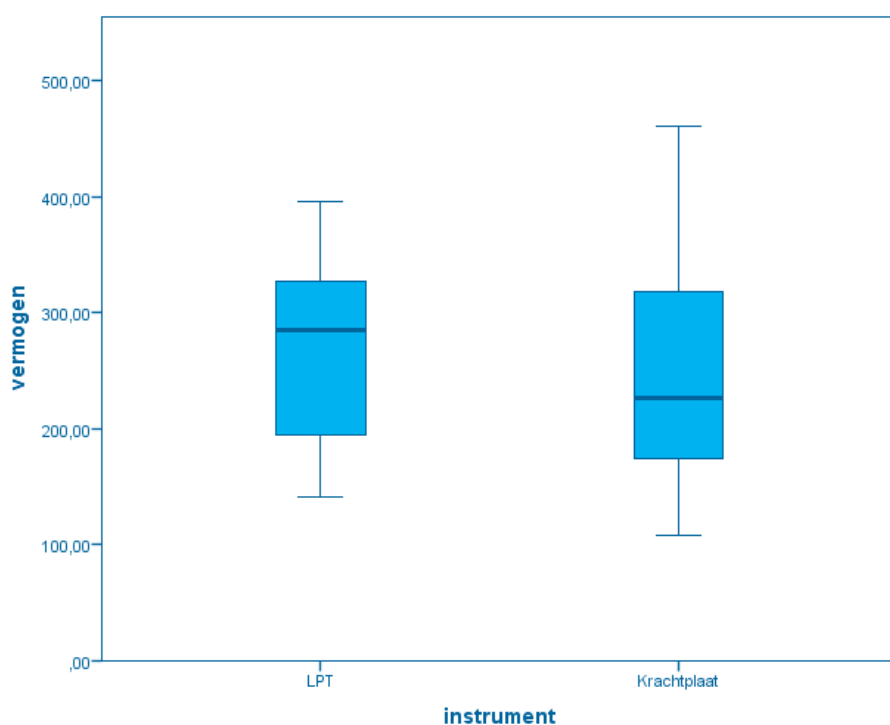
Tabel 1. Kenmerken van de onderzoekspopulatie

	Gemiddelde	Standaard deviatie	Minimum	Maximum	Percentage (%)
Leeftijd	25,4	4,7	20	35	-
Lichaamsgewicht (in KG)	75,5	12,4	61	115	-
Totaal gewicht barbell (in KG)	22,6	3,8	18	34	-
Ervaren pijn tijdens/na test (NPRS 0-10)	0,4	0,8	0	3	-
Sportfrequentie (per week)	3,5	1,6	1	7	-
Sport	-	-	-	-	Voetbal 13% (N=3) Zwemmen 4,3% (N=1) Tennis 26,1% (N=6) Fietsen 21,7% (N=5) Hardlopen 13% (N=3) Fitness 17,4% (N=4) Paardrijden 4,3% (N=1)
Voorkeursbeen	-	-	-	-	Links 8,7% (N=2) Rechts 91,3% (N=21)

In tabel 2 zijn de kenmerken van de variabelen 'gemKP' en 'gemLPT' beschreven. De boxplot zichtbaar in figuur 5 maakt de beschreven gegevens visueel inzichtelijk.

Tabel 2. Beschrijvende statistiek LPT en de KP

	LPT	krachtplaat
Gemiddelde	266,33	256,17
Standaard fout van gemiddelde	17,73	20,18
Mediaan	284,75	225,96
SD	85,02	96,78
Min	141,75	107,71
Max	395,65	460,72
Range	253,90	253,01
Interkwartiel afstand	146,99	157,50



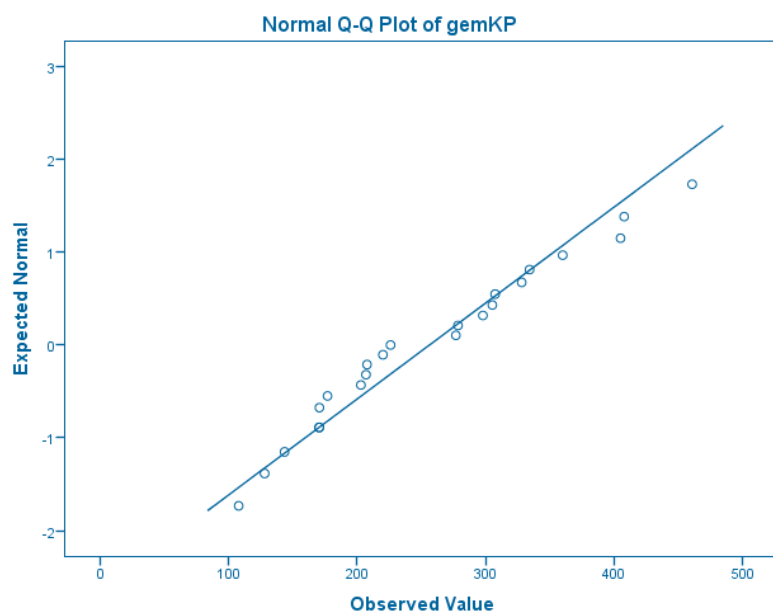
Figuur 5. Boxplot

Normaliteit

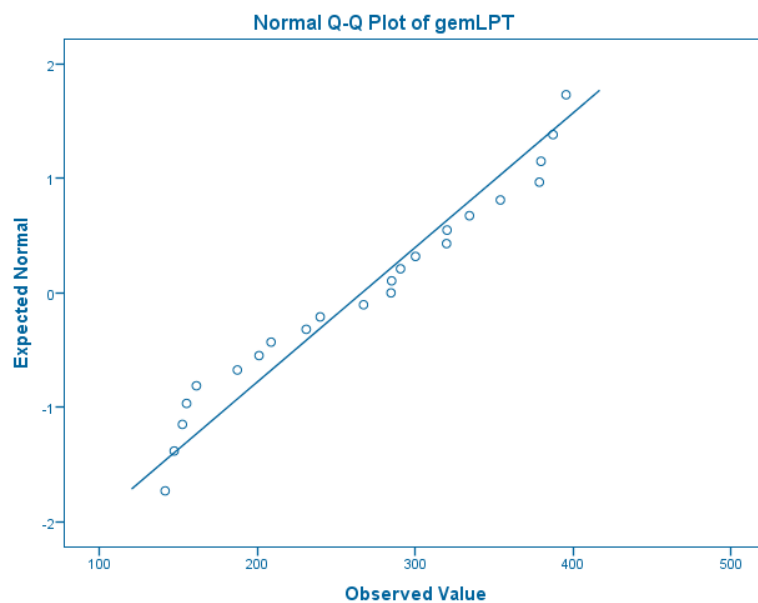
Met behulp van de Kolmogorov-Smirnov en de Sharpo-Wilk toetsen is de normaliteit getest, de resultaten zijn terug te vinden in tabel 3. Aangezien de gevonden waarden niet significant zijn, kan worden geconcludeerd dat de data normaal verdeeld was. Tevens is de normaliteit verder inzichtelijk gemaakt met behulp van de Q-Q plots, zichtbaar in figuur 6 en 7.

Tabel 3. Normaliteit

	Kolmogorov-Smirnov			Sharpo- Wilk		
	statistic	N	Significant (P)	Statistic	N	Significant (P)
gemLPT	,109	23	,200	,931	23	,113
gemKP	,144	23	,200	,957	23	,410



Figuur 6. Q-Q plot gemLPT



Figuur 7. Q-Q plot gemKP

Correlatie

In tabel 4 is de samenhang beschreven met behulp van de Pearson correlatiecoëfficiënt (r).

Tabel 4. Pearsons correlatiecoëfficiënt

	Interval waarde
Pearson correlatie coëfficiënt (r)	,772
Significant ($P < ,05$)	Ja (,000)

Systematische en proportionele bias

De proportionele afwijking (helling) was bepaald met behulp van een regressie analyse. Indien de regressielijn een helling van 1,0 heeft, betekent dit dat de LPT exact dezelfde waarde weergeeft als de krachtplaat. Er kan dan worden geconcludeerd dat er geen proportionele bias aanwezig is. Aangezien het 95% BI de 1,0 omvat kan worden aangenomen dat er geen proportionele bias aanwezig is. De systematische afwijking is het gemiddelde verschil tussen GemLPT en gemKP. De

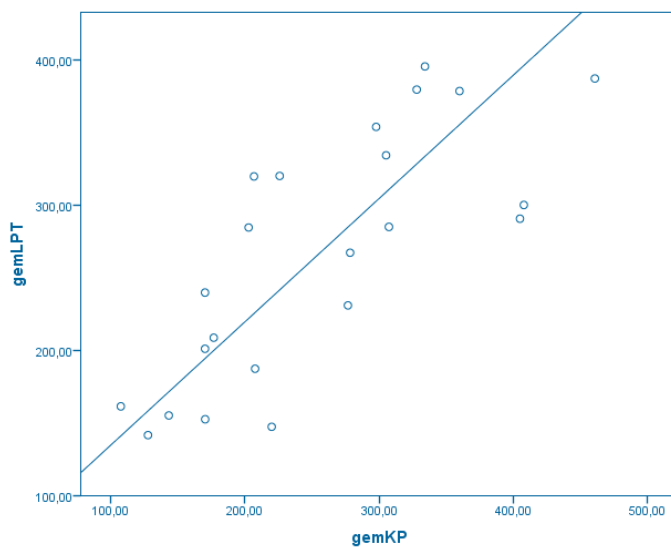
optimale situatie zou een waarde van 0,0 zijn. Omdat het 95% BI de 0,0 omvat is er geen systematische bias aanwezig [20].

Tabel 5. Systematische en proportionele bias

	Interval waarde	95% BI	Systematische bias	Proportionele bias
Proportionele afwijking	0,85	0,57-1,22	-	nee
Systematische afwijking (W)	10,17	-16.79-37.13	nee	-

*95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval

*(W) = Wattage



De regressielijn door de grafiek heeft een proportionele afwijking (helling) van 0,85. De optimale situatie zou een helling van 1,0 vertegenwoordigen.

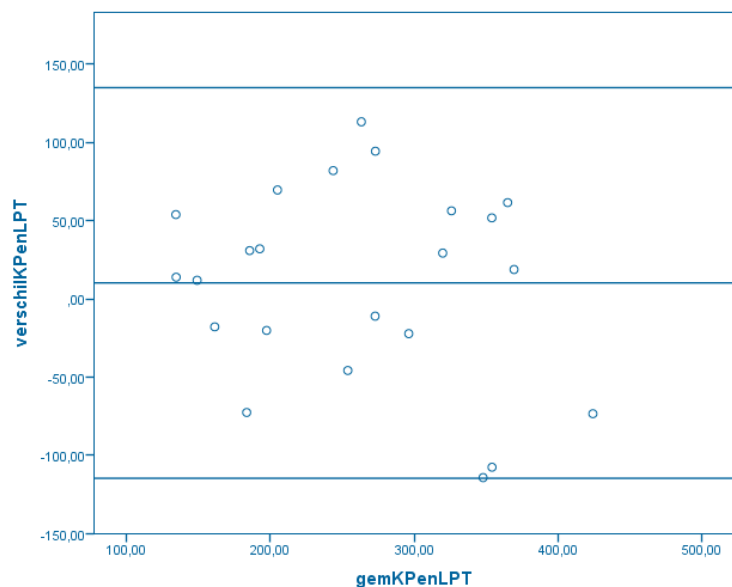
Figuur 8. Correlatie en regressielijn

Bland-Altman plot

Figuur 9 weergeeft een Bland-Altman Plot. Deze plot werd gebruikt om systematische verschillen en de aanwezigheid van 'random error' inzichtelijk te maken. De middenlijn geeft de systematische afwijking (10,17 W) weer. De 'limits of agreement' geven aan dat in 95% van alle participanten de uitkomst binnen deze waarden valt (-110 en 130 W). De 'random error' is ± 120 W. Dit betekent dat er een onwillekeurige fout van ± 120 W in de uitkomst van de metingen kan zitten [20,21].

Tabel 5. Waarden Bland-Altman plot

Limits of agreement (95% BI)	-110 en 130
Standaard deviatie	62,36
Systematische afwijking	10,17
Random error	± 120
Significantie (P)	,443



Figuur 9. Bland-Altman plot

Discussie

Deze praktijkstudie probeert antwoord te vinden op de vraag: “Is een Linear Position Transducer (model: MR Cube) een valide instrument om spiervermogen te meten gedurende het uitvoeren van een back squat bij personen tussen de 20 en 35 jaar?”. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is bij 23 verschillende participanten het gemiddelde concentrische piekvermogen van de LPT vergeleken met het gemiddelde concentrische piekvermogen van een krachtplaat. Een krachtplaat wordt gezien als de referentiestandaard voor het meten van spiervermogen.

Uit de resultaten is gebleken dat er een Pearson correlatiecoëfficiënt werd gevonden van $r = ,77$ met $P < 0,05$. Een Pearson correlatiecoëfficiënt van $,77$ wordt gezien als een sterk verband tussen de beide meetinstrumenten [19]. Er is geen systematische bias of proportionele bias aanwezig, al is de spreiding van beide 95% betrouwbaarheidsintervallen erg ruim (0,57-1,22 en -16,79-37,13). Op groepsniveau lijkt de LPT dus een redelijk valide instrument voor het meten van spiervermogen.

Echter blijkt uit de informatie verkregen uit de Bland-Altman plot dat de validiteit voor het meten van een individu te wensen over laat. De LPT laat binnen dezelfde meting soms een bijzonder grote spreiding zien in de uitkomsten vergeleken met de uitkomsten van de krachtplaat. Dergelijke grote afwijkingen zijn zichtbaar in de ‘limits of agreement’ (interval van in totaal 240 W) en de ‘random error’ (± 120 W) van de Bland-Altman plot. De ‘limits of agreement’ geeft weer dat de 95% van alle testen tussen die twee waarden liggen. De ‘random error’ geeft aan dat er willekeurige fouten gemaakt worden die wel 120 W kunnen bedragen. Deze spreiding en onzekerheid is wel erg groot gezien het doel waarvoor het meetinstrument wordt beoogt ingezet te worden. Het instrument moet immers ingezet gaan worden om een verbetering of verslechtering van het spiervermogen (in de tijd) objectief in maat en getal weer te geven als gevolg van specifieke training (bij bijvoorbeeld voorste kruisband revalidanten). Er wordt niet verwacht dat dergelijke verbetering of verslechtering met honderden Wattages tegelijk zichtbaar zal zijn maar eerder in de vorm van een toename of afname van tientallen Wattage. De LPT lijkt hierdoor niet in staat om ingezet te worden als meetinstrument gedurende de sport revalidatie bij personen tussen de 20 en 35 jaar oud.

In een eerdere studie gedaan door Cormie, *et al.* naar onder andere de validiteit van een LPT, vergeleken met een krachtplaat, werden soortgelijke grote verschillen in de resultaten gevonden [8]. Er wordt in deze studie gesuggereerd dat de afwijkende resultaten een gevolg zijn van de uitgebreide manipulatie van de data door de LPT ($v = s/t \rightarrow a = v/t \rightarrow F = m \cdot a \rightarrow P = W/t$) die plaats moet vinden om verplaatsing en tijd om te zetten in verschillende gedifferentieerde kracht variabelen [8,16]. Een meer recente studie door Hansen, *et al.* vond resultaten die consistent waren met het statement gemaakt door Cormie, *et al.* [8,22]. Ook in deze studie lijkt de diversiteit in data grotendeels te kunnen worden verklaard aan de hand van rekenfouten die worden gemaakt door de LPT [22].

Tevens onderzocht Hori, *et al.* of een LPT in staat was om valide het piekvermogen te meten bij twee verschillende oefeningen. De referentiestandaard was in dit onderzoek eveneens een krachtplaat. Ook in dit onderzoek werd in beide gevallen significante verschillen met een grote spreiding tussen beide uitkomsten gevonden (hang clean: $3,821 \pm 917$ W en $3,076 \pm 638$ W, jump squat: $3,567 \pm 494$ W en $3,866 \pm 451$ W, $P < 0.01$) [10]. Crewther, *et al.* concludeerde in een soortgelijk onderzoek naar de validiteit van een LPT en een accelerometer (vergeleken met een krachtplaat) dat beide instrumenten een hoge relatieve en absolute validiteit lieten zien, maar dat erg getwijfeld moest

worden aan de bruikbaarheid van het instrument door het optreden van bias en grote 'random error' (LPT: $\pm 879W - \pm 611W$, accelerometer: $\pm 896W - \pm 400W$) in de metingen [20].

Sterke en zwakke punten van het onderzoek

Het oorspronkelijk doel van het onderzoek was om de validiteit van een Bulgarian Split Squat (zie figuur 10) te bepalen, en daarmee voort te boorduren op het eerder gedane onderzoek van Klappe [15]. Met deze oefeningen zou het unipodale spiervermogen in kaart gebracht kunnen worden [15]. Al snel kwam de onderzoeker gedurende het testen van de eerste participanten tot de conclusie dat er ruis optrad in de metingen. Er werd teveel kracht geleverd met het achterste (stabiliserende) been waardoor de grondreactiekracht die gemeten werd met de krachtplaat veel lager uitviel dan verwacht (en er mogelijk minder kracht wordt gegenereerd met het standbeen dan de LPT aangeeft). Klappe kaarte in haar discussie dit probleem al aan [15]. De onderzoeker heeft toen besloten om de LPT te valideren op het meten van spiervermogen gedurende het uitvoeren van een back squat. Deze oefening geeft een indruk van het totale spiervermogen van de onderste extremiteit en de LPT wordt nog steeds gevalideerd, alleen voor een andere oefening. Aangezien de gevonden ICC van Klappe niet persé gegeneraliseerd kan worden voor alle fitnesoefeningen zou, om een compleet beeld te krijgen van de validiteit en betrouwbaarheid van de LPT aanwezig in het USMCG, opnieuw een test-hertest betrouwbaarheidsonderzoek uitgevoerd moeten worden [15]. Er is al wel een soort gelijke studie uitgevoerd waarbij een LPT (tendo weight lifting analyzer system) is onderzocht op test-hertest betrouwbaarheid gedurende een back squat. Hier werd een ICC variërend tussen 0.922-0.988 gevonden [14].



Figuur 10. Bulgarian Split Squat

Een sterk punt van het onderzoek was dat de onderzoekspopulatie veel lijkt op die van de patiënten die gezien worden in het USMCG. Een ander sterk punt van dit onderzoek is de hoogte van de frequentie van de krachtplaat (1000Hz). Hori, *et al.* beschrijft dat hoe hoger de frequentie van de krachtplaat is, hoe meer het aangegeven piekvermogen bij de waarheid ligt [10]. Aangezien 1000Hz een hoge frequentie is, lijkt de plaat een piekvermogen aan te geven dat dicht bij de waarheid ligt.

De onderzoeker heeft gedurende de data analyse gekozen om de correlatie te meten met een Pearson correlatiecoëfficiënt (r) in plaats van een ICC (wat oorspronkelijk de bedoeling was). Na onderzoek in de literatuur werd duidelijk dat een ICC voornamelijk wordt gebruikt voor het weergeven van de samenhang in test-hertest betrouwbaarheid [24]. Om deze reden is er toen gekozen om de Pearson correlatiecoëfficiënt (r) te gebruiken. Gedurende het schrijven van de methode is voor het bepalen van de sample size een poweranalyse uitgevoerd waarbij de groepsgrootte werd berekend aan de hand van een ICC en niet met een Pearson correlatiecoëfficiënt. Er kan om deze reden worden afgevraagd of de onderzochte populatie in dit onderzoek ook representatief is om de samenhang uit een Pearson correlatiecoëfficiënt (r) te bepalen.

Ondanks dat er aanwijzingen zijn dat de LPT niet in staat is om constant valide het geleverde vermogen van een individu te monitoren, zijn er ook kanttekeningen te plaatsen op de interne validiteit van dit onderzoek. Zo kunnen er vraagtekens geplaatst worden bij de validiteit en betrouwbaarheid van de gebruikte krachtplaat. Er zijn aanwijzingen dat er weinig betrouwbare mobiele krachtplaten in omloop zijn, helemaal bij het uitvoeren van slechts één meting per individu

met de plaat [23]. Een dergelijke mobiele krachtplaat is gebruikt voor dit onderzoek. Aangezien de onderzoeker zich hier voor het meten van de participanten van bewust was, is de krachtplaat voor de start van de metingen getest op betrouwbaarheid en validiteit. De betrouwbaarheid werd getest door meerder malen gewichtsschijven van verschillend zwaarte op dezelfde plek (waar de tape was geplakt) van de krachtplaat te plaatsen en te analyseren of steeds hetzelfde getal werd aangegeven door de GaitForce. De validiteit werd getest door de gewichtsschijven vooraf te wegen met een weegschaal, waarna ze op de krachtplaat werden geplaatst. Er werd gecontroleerd of de GaitForce het juiste aantal Newton aangaf ($1 \text{ KG} = 9,8068 \text{ N}$). Na het testen van de krachtplaat waren geen noemenswaardige verschillen in zowel betrouwbaarheid (de afwijking was altijd $<10\text{N}$) als validiteit (de afwijking was altijd $<20 \text{ N} = 2,04\text{KG}$). Echter is de betrouwbaarheid en validiteit van de krachtplaat niet getest gedurende een versnellende beweging, zoals een explosieve back squat.

Desondanks dat de ROM acceptatie voor het uitvoeren van de back squat was ingesteld op 80%, waren er participanten die één of twee keer niet de benodigde bewegingsuitslag haalden waardoor de LPT de herhaling niet mee telde maar de krachtplaat deze foutieve meting niet herkende. Na afloop van de test werd genoteerd welke herhaling(en) niet mee leek te tellen. Toch kan een dergelijke foutieve meting voor verwarring zorgen.

Conclusie

Ondanks dat er op groepsniveau een sterke correlatie ($r = ,77$) zonder het optredende van bias lijkt te zijn, zorgt het optreden van hoge 'random error' en de grote spreiding in de 'limits of agreement' (die mogelijk ten grondslag liggen aan rekenfouten die de LPT maakt gedurende de differentiatie van de data) er voor dat de LPT niet in staat is om (consequent) valide een verbetering/verslechtering van het spiervermogen van een sporter tussen de 20 en 35 jaar oud te weergeven.

Er kan in dit onderzoek nog getwijfeld worden over de validiteit en betrouwbaarheid van de gebruikte krachtplaat, de grootte van de onderzoekspopulatie en de instellingen van de ROM acceptatie. Om 100% uitsluitel te geven of de LPT wel of niet valide is voor het meten van vermogen gedurende een back squat zou het onderzoek moeten worden herhaald waarbij bovenstaande aspecten worden geoptimaliseerd. Desondanks wordt na analyse van de data uit deze studie en na onderzoek in de literatuur niet aanbevolen om het instrument in de toekomst te gebruiken om het spiervermogen van revalidanten te meten.

Relevantie

Aangezien een doorsnede fysiotherapiepraktijk niet altijd over de ruimte en/of financiële mogelijkheden beschikt om grote en dure apparaten (wat meestal de referentiestandaarden zijn) aan te schaffen, wordt vaak gezocht naar relatief goedkope en handzame meetinstrumenten (die toch betrouwbaar en valide zijn) die een alternatief bieden voor bijvoorbeeld een krachtplaat.

Zoals in de inleiding beschreven is het gedurende de revalidatie van fundamenteel belang dat kracht en vermogen accuraat en betrouwbaar kan worden onderzocht. Zodra een meetinstrument niet valide blijkt te zijn (zoals de onderzochte LPT in dit onderzoek), kan de verkregen data uit het meetinstrument niet gebruikt worden voor het stellen van een baseline en/of een vooruitgang of terugval van een bepaalde vaardigheid (in dit onderzoek: spiervermogen). Het is daarom van groot belang om van de meetinstrumenten die gebruikt worden gedurende een revalidatietraject te weten of ze zowel valide als betrouwbaar zijn voor het doel wat beoogt wordt te meten. Aangezien de LPT

wel betrouwbaar lijkt te zijn maar niet valide, kan het instrument niet ingezet worden in de revalidatie om spiervermogen te meten bij revalidanten.

Desondanks kan naar mening van de auteur van dit artikel de LPT wel worden ingezet als toevoeging aan de oefentherapie gedurende een revalidatietraject. Zo is het apparaat (na correct instellen van de software) gebruiksvriendelijk en kan er op een creatieve en plezierige manier worden getraind. De LPT kan bijdragen aan een gevarieerd aanbod in trainingsmogelijkheden wat mogelijk de plezierbeleving en de motivatie van de patiënt ten goede komt. En indien de juiste module worden gekozen zou de LPT bij kunnen dragen aan het sport specifiek trainen van bijvoorbeeld hoeksnelheden (bijvoorbeeld een volleyballer) en het specifiek spieruithoudingsvermogen (van o.a. een skiër of schaatser). Kortom het instrument is niet voor de keiharde getallen, maar het kan wel een leuke extra tool zijn als toevoeging aan het huidige revalidatietraject.

Referenties

- [1] Delecluse, C. *Influence of Strength Training on Sprint Running Performance. Sports Med* 1997; 24; 147.
- [2] Bangsbo, J., Mohr, M., en Poulsen, A. *Training and testing the elite athlete. Journal of Exercise Science & Fitness* 2006; 4; 1–14.
- [3] Kraemer, WJ., Ratamess, NA. *Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. Med Sci Sports Exercise* 2004; 36(4); 674-88.
- [4] Izquierdo, M., González-Badillo, JJ., Häkkinen, Ibañez, J., K., Ratamess, NA., Kraemer, WJ., Eslava, J., Altadill, A., Gorostiaga, EM. *Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetition to failure during upper and lower extremity muscle actions. International journal of sports medicine* 2006; 27; 718-724
- [5] Pereira, MI., Gomes, PS. *Movement velocity in resistance training. Sports Medicine* 2003; 33; 427–438
- [6] Gribble, PL., Ostry, DJ. *Origins of the power law relation between movement velocity and curvature: modeling the effects of muscle mechanics and limb dynamics. Journal of Neurophysiology* 1996; 76 (5); 2853-2860
- [7] Spirduso, W., Francis, K., MacRae, P. *Physical dimensions of aging. Champaign, IL : Human Kinetic; 2005. P. 204*
- [8] Cormie P, McBride JM and McCaulley GO. *Validation of Power Measurement Techniques in Dynamic Lower Body Resistance Exercises. Journal of Applied Biomechanics* 2007b; 23; 103-118
- [9] Cronin, JB., Hing, RD., McNair, PJ. *reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance* 2004; 87; 309
- [10] Hori, N., Newton, RU., Andrews, WA., Kawamori, N., McGuigan, MR., Nosaka, K. *Comparison of four different methods to measure power output during the hang clean and the weighted jump squat. Journal of strength and conditioning research* 2007; 21; 314-320.
- [11] Nigg, BM., Herzog, W. *Biomechanics of the Musculoskeletal system. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd; 1994*
- [12] Wals, M., Ford, KR., Bangen, KJ., Myer, GD., Hewett, TE. *The validation of a portable force plate for measuring force-time data during jumping and landing tasks. Journal of strength and conditioning research* 2006; 20; 730-734
- [13] Halinen., Jyrki, MD., Lindahl., Jan, MD., Hirvensalo., Eero, MD. *Range of Motion and Quadriceps Muscle Power After Early Surgical Treatment of Acute Combined Anterior Cruciate and Grade-III Medial Collateral Ligament Injuries: A Prospective Randomized Study. The Journal of Bone & Joint Surgery* 2009; ..; 1305–1312
- [14] Manuel, V., Garnacho-Castano, SL., Maté-Munoz, J. *Reliability and Validity Assessment of a Linear Position Transducer. Journal of Sports Science and Medicine* 2015; 14; 128-136.

- [15] Klappe, K. *De reproduceerbaarheid van de MR Cube. Bachelor scriptie aan de Hanzehogeschool Groningen, opleiding fysiotherapie* 2016
- [16] Harris NK, Cronin J, Taylor K-L, et al. *Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. Strength & Conditioning Journal (Lippincott Williams & Wilkins)* 2006; 32; 66-79
- [17] Meylan, César M.P., Cronin, John B., Oliver, Jon L., Hughes, Michael M.G., Jidovseff, Boris & Pinder, Shane. *The reliability of isoinertial force-velocity-power profiling and maximal strength assessment in youth. Sports Biomechanics* 2015; 14(1); 1-13
- [18] Walter, S.D., Eliasziw, M. & Donner A. *Sample size and optimal designs for reliability studies. Statistics in medicine* 1998; 17; 101-110
- [19] Sondz. *Correlatie analyse. 2009. Beschikbaar via: <http://www.sondz.nl/downloads/correlatie.pdf> geraadpleegd 10 mei 2017*
- [20] Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cunningham, D. J. , Cook, C. , Owen, N. & Yang, G.Z. *Validating Two Systems for Estimating Force and Power. International journal of sport medicine* 2010; 32; 254–258.
- [21] Bland, M., Atman, D. *The statistical Methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. The Lancet* 1986; 833-840
- [22] Hansen, K., Cronin, JB., Newton, MJ., *The Reliability of Linear Position Transducer and Force Plate Measurement of Explosive Force-Time Variables During a Loaded Jump Squat in Elite Athletes. J Strength Cond Res* 2011; 25 (5); 1447-1456
- [23] Golriz,S.,Hebert, J., Foreman, B., Walker, B. *The reliability of a portable clinical force plate used for the assessment of static postural control: repeated measures reliability study. Chiropr Man Therapy* 2012; 20; 14.
- [24] Shrout, Patrick E., Fleiss, Joseph L. *Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. Psychological Bulletin* 1997; 86(2); 420-428

Bijlage 1, informatiebrief validiteitsstudie Linear Position Transducer

Via deze brief wil ik u op de hoogte stellen van de inhoud en het doel van het onderzoek.

Fysieke training krijgt in de fysiotherapie (hands-off werken) een steeds belangrijker rol. Echter wordt er gedurende een revalidatietraject vaak enkel aandacht besteedt aan het vergroten van de maximale spierkracht. De variabele 'bewegingssnelheid' wordt vaak achterwege gelaten gedurende de revalidatie. Echter is gebleken dat de bewegingssnelheid een factor is die mede bepalen is voor het presterend vermogen van een sporter (immers; hoe sneller energie vrij gemaakt kan worden hoe explosiever een sporter kan bewegen). Door een blessure kan zowel de kracht als de bewegingssnelheid afnemen. Om een revalidant zo compleet mogelijk te behandelen is het dus belangrijk dat beide aspecten getraind worden.

Voor een therapeut is het belangrijk om een dergelijke voortgang in de toename van de bewegingssnelheid te kunnen monitoren om te evalueren of de gegeven interventies daadwerkelijk doet wat hij moet doen. Echter is er op dit moment nog geen goedkoop en gemakkelijk te gebruiken instrument beschikbaar waardoor het meten van eventuele voortgang van de bewegingssnelheid lastig is.

Om de voortgang te kunnen meten is een valide (meet het apparaat wat hij beoogt te meten) en betrouwbaar (meet hij steeds hetzelfde) meetinstrument nodig. In dit onderzoek wordt getracht om de validiteit van een Linear Position Transducer voor het meten van bewegingssnelheid gedurende een back squat te bepalen. Dit wordt gedaan door de uitkomsten van een Linear Position Transducer te vergelijken met een krachtplaat. Een krachtplaat wordt gezien als de referentiestandaard voor het meten van bewegingssnelheid.

Voorbeeld van de back squat



Bijlage 2, toestemmingsverklaring participanten

Toestemmingsverklaring voor deelname aan het onderzoek om de validiteit van de MR Cube te bepalen.

- * Hierbij verklaar ik dat ik naar tevredenheid ben geïnformeerd over het onderzoek
- * Ik geef toestemming dat de vooraf verzamelde persoonlijke gegevens gebruikt mogen worden voor het onderzoek.
- * Ik ben niet gedwongen tot deelname aan het onderzoek en ik heb toestemming om op ieder moment af te zien van deelname en hoef hier geen verdere reden voor op te geven.

Verzamelde gegevens worden anoniem gebruikt en verwerkt, de gegevens worden alleen gebruikt voor het onderzoek waar u nu toestemming voor geeft!

Akkoord participant

Naam :

Datum :

Handtekening participant

Akkoord onderzoeker

Naam : Sander van Dam

Datum :

Handtekening onderzoeker



Bijlage 3, script Matlab

```
bodyweight = (mean (C6_Fz (1:20)))/9.81;
FzData = C6_Fz;
acc = (FzData /bodyweight - 9.81);
L = length (FzData);
time = (1:1:L)';

%% Design High Pass Filter

fs = 1000; % Sampling Rate

fc = 0.1/30; % Cut off Frequency

order = 6; % 6th Order Filter

%% Filter Acceleration Signals

[b1 a1] = butter(order,fc,'high');

accf=filtfilt(b1,a1,acc);

figure (2)

plot(time,accf,'r'); hold on

plot(time,acc)

xlabel('Time (sec)')

ylabel('Acceleration (m/sec^2)')

%% First Integration (Acceleration - Velocity)

velocity=(cumtrapz(time/1000,accf));

figure (3)

plot(time,velocity)

xlabel('Time (ms)')

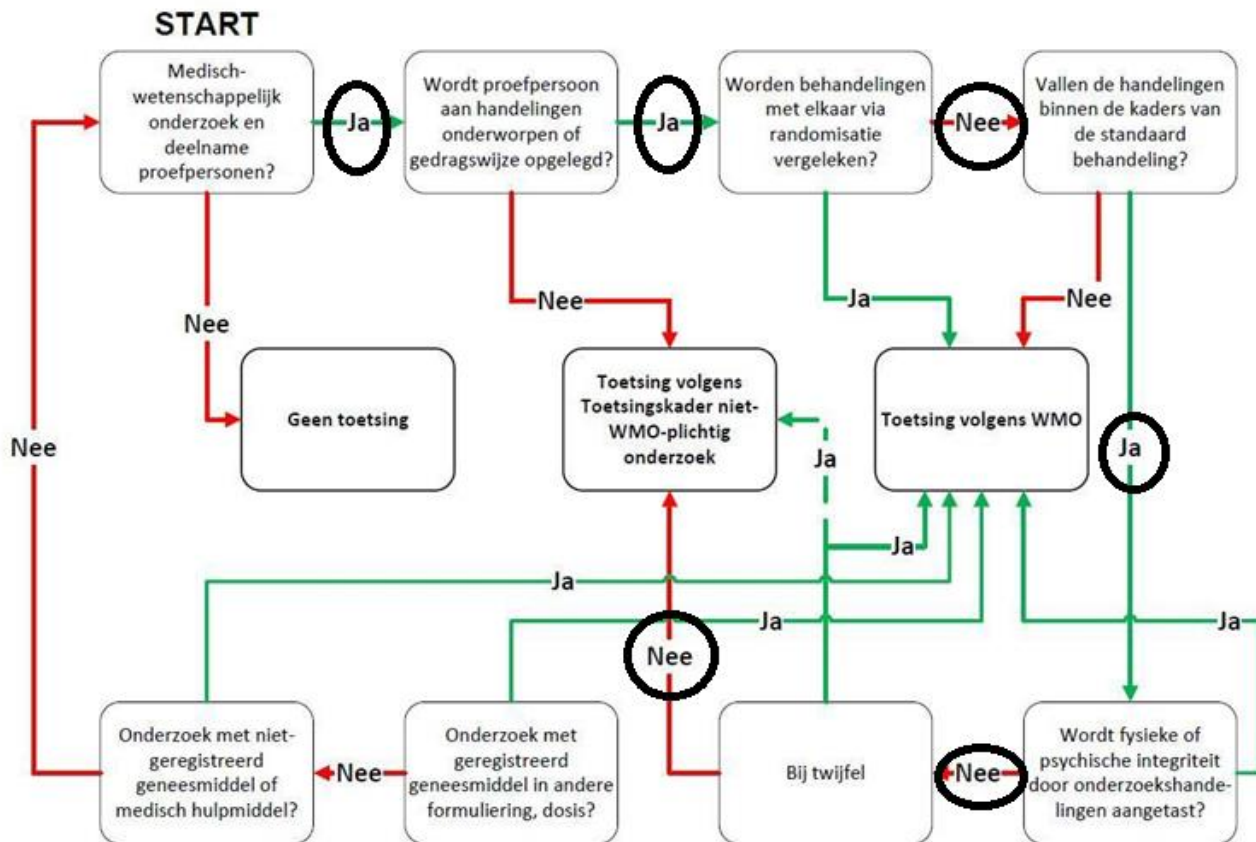
ylabel('Velocity (m/sec)')

%power berekenen
Power = (FzData.*velocity);
plot (time,Power)

xlabel('Time (ms)')

ylabel('Power (Watts)')
```

Bijlage 4, medische ethische toetsing



Figuur 11. Stoomdiagram VMO- toetsing

Project / vak / studie onderdeel:	Afstudeeropdracht
Docent / coach:	Martin Brouwer
Onderwerp:	Validiteitsonderzoek
Begin- en eindtijd van het onderzoek:	13 februari 2016 t/m 30 juni 2017
Beschrijving van het onderzoek (kort maar volledig):	"Het doel van deze studie is om te bepalen wat de validiteit van een Linear Position Transducer (type: Mr. Cube) is voor het meten van spiervermogen gedurende het uitvoeren van een back squat. Het meetinstrument wordt vergeleken met een krachtplaat, de referentiestandaard voor het meten van spiervermogen."

Ondergetekende(n) verklaart (verklaren) zonder voorbehoud en naar waarheid bijgaand formulier te hebben ingevuld in verband met in het kader van de opleiding *fysiotherapie* uit te voeren onderzoek.

Naam van de student(en):	Handtekening:
Sander van Dam	

Datum: 24-02-2017

Figuur 12. Zorgvuldigheidsmaatregelen onderzoek