Zijn de sit-to-stand parameters van de MoveTest valide?

Mens en Techniek | Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool
S. J. de Haan (14056615)
Den Haag, 16 januari 2019

Auteur: S. J. de Haan
Studentnummer: 14056615

Opleiding: Mens en Techniek | Bewegingstechnologie
Organisatie: De Haagse Hogeschool
Eerste begeleider: Rienk van der Slikke, PhD
Tweede begeleider: Aad Lagerberg, Msc.
Externe begeleiders: Bas Huijben, Msc,
Sem Lagerberg, Msc.

Den Haag, 16 januari 2019

Voorwoord

Dit onderzoek is in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Mens en Techniek | Bewegingstechnologie geschreven. In opdracht van het bedrijf McRoberts heb ik onderzoek gedaan naar de validiteit van de sit-to-stand parameters van de MoveTest. Dit onderzoek vormde het begin van een reeks onderzoeken naar de validiteit van de testen die de MoveTest afneemt. Ik ben dankbaar en trots dat ik de spits van deze reeks onderzoeken mocht afbijten. Mijn hoop is dat dit werk mag bijdragen aan de verdere ontwikkeling van de MoveTest.

Met veel plezier heb ik deze maanden bij McRoberts doorgebracht. Mijn dank wil ik uitspreken naar Bas Huijben en Sem Lagerberg voor de feedback die ik heb mogen ontvangen en de ervaring vanuit McRoberts die zij met mij hebben gedeeld. Ook Rienk van der Slikke en Aad Lagerberg wil ik bedanken voor de begeleiding tijdens mijn afstudeeronderzoek.

Inhoudsopgave

Voorwoord
Samenvatting ... 5
1. Inleiding ... 6
2. Methode ... 8
2.1 Proefpersonen ... 8
2.2 Parameters ... 8
2.3 Opzet ... 8
2.4 Voorbereiding ... 10
2.5 Uitvoering ... 10
2.6 Verwerking ... 11
2.7 Definitie parameters ... 11
2.8 Detectiemethode parameters ... 11
2.9 Statistiek ... 13
3. Resultaten ... 14
3.1 Exclusies ... 14
3.2 Tabellen en grafieken ... 14
4. Discussie ... 21
4.1 Totale tijd ... 21
4.2 Aantal sit-to-stands ... 21
4.3 Tijdsduur transities ... 21
4.4 Start- en stopmomenten transities ... 22
4.5 Signaal romphoek en verticale snelheid ... 23
4.6 Reflectie overige verwachtingen ... 23
4.7 Beperkingen en aanbevelingen ... 23
5. Conclusie ... 24
Literatuurlijst ... 25
Bijlage 1: Projectplan ... 27
Bijlage 2: Persoonlijke leerdoelen ... 31
Bijlage 3: Meetprotocol ... 32
Bijlage 4: Persoonlijke gegevens ... 34
Bijlage 5: Informed consent ... 35
Bijlage 6: Bland-Altman plots ... 37

Samenvatting

De MoveTest is een analyse systeem dat gebruikt wordt om veelgebruikte klinische testen geïnstrumenteerd uit te voeren. De metingen van de MoveTest worden afgenomen met een inertial measurement unit (IMU). De IMU wordt met een elastische band op de onderrug bevestigd en bevat een 3-assige acccelerometer, 3-assige gyroscoop en 3-assige magnetometer.
Dit onderzoek is een pilot onderzoek, gefocust op het valideren van de parameters van de sit-to-stand test (STS test) bij jongvolwassenen, berekend met de MoveTest. Zijlstra et al. hebben ook onderzoek gedaan naar de sit-to-stand parameters, maar de parameters romphoek en verticale snelheid hebben zij niet onderzocht. Ook is het protocol dat Zijstra et al. hebben gebruikt, niet vergelijkbaar met de protocollen die het meest worden gebruikt in de klinische praktijk. Bij het gebruik van de STS test worden twee typen testen uitgevoerd: Gebaseerd op een vast aantal herhalingen waarbij de tijd wordt gemeten (time-based) en gebaseerd op een vaste tijd waarbij de herhalingen worden gemeten (repetition-based). De onderzoeksvraag luidde daarom: Zijn de sit-to-stand test parameters, berekend door de MoveTest bij jongvolwassenen, bij zowel een time-based meting als een repetition-based meting valide? De hypothese was dat de berekeningen van alle sit-to-stand parameters bij zowel een time-based meting als een repetition-based meting valide zijn, behalve de opsta tijd.

De onderzochte parameters zijn het aantal uitgevoerde herhalingen, de totale tijdsduur, de subtijdsduren van de sit-to-stand en de stand-to-sit, timing van de start en het einde van de transities, het romphoek signaal en het verticale snelheid signaal. De proefpersonen zijn met zowel de MoveTest als de Optitrack tegelijk gemeten, waarbij de Optitrack data-analyse de gouden standaard was. Er is één Optitrack clustermarker op de IMU geplaatst. De proefpersoon heeft in totaal zes testen uitgevoerd: de 5x STS test en de 30sec STS test, beide op een langzame snelheid, een zelfgekozen comfortabele snelheid en op maximale snelheid.

De totale tijd van de MoveTest komt matig tot goed overeen met de Optitrack voor de comfortabele en hoge uitvoeringssnelheden (ICC=0,74 en ICC=0,77, respectievelijk). Het totaal aantal sit-to-stands heeft de MoveTest het best gemeten bij de protocolonderdelen op een comfortabele snelheid.
De Optitrack heeft voor de parameters sit-to-stand tijdsduur en stand-to-sit tijdsduur bij alle protocolonderdelen langere tijden gemeten dan de MoveTest. De oorzaak hiervan ligt in de timing van de start- en stopmomenten van de transities. De startmomenten van een transitie heeft de Optitrack eerder bepaald dan de MoveTest, terwijl het tijdsverschil tussen de stopmomenten ongeveer 0s is. De Root Mean Square Error als percentage van het totale bereik van het Optitrack signaal (%RMSE), ligt voor zowel het romphoek signaal als het verticale snelheid signaal lager dan 10% bij alle protocolonderdelen.

Alle parameters, behalve het aantal sit-to-stands, zijn voor één of meerdere protocolonderdelen als valide beschouwd bij het vergelijken van de MoveTest parameteranalyse met de Optitrack analyse. Ook de opsta tijd is, op protocolonderdeel 4 na, als valide beschouwd, in tegenstelling tot de verwachting aan het begin van dit onderzoek. De parameters romphoek en verticale snelheid die in het onderzoek van Zijlstra et al. niet zijn onderzocht, zijn ook valide. Alleen voor de parameter ‘stopmomenten stand-to-sit’ is er een verschil tussen de 5x STS test en de 30sec STS test.

1. Inleiding

In klinische omgevingen worden testen bij patiënten uitgevoerd om de fysieke prestaties in kaart te brengen (1). Deze testen worden vaak handmatig afgenomen, waarbij de benodigde tijd voor de uitvoering van de oefening wordt gemeten met een stopwatch en het aantal uitgevoerde herhalingen met pen en papier wordt bijgehouden (2). Dergelijke handmatige metingen brengen echter wel het risico van meetfouten met zich mee. Door testen te instrumenteren, kunnen meetfouten worden gereduceerd en kan er meer inzicht worden verkregen in de uitgevoerde bewegingen (3). McRoberts is een bedrijf dat een dergelijk meetinstrument en analyse, de 'MoveTest' analyse, heeft ontwikkeld om deze veelgebruikte klinische testen te instrumenteren en de data digitaal te verwerken. De metingen van de MoveTest worden afgenomen met een inertial measurement unit (IMU), die de 'Dynaport MT' wordt genoemd. De Dynaport MT wordt met een elastische band op de onderrug bevestigd en bevat een 3-assige acccelerometer, 3-assige gyroscoop en 3-assige magnetometer. Van Hees et al. (4) hebben geconcludeerd dat de accelerometer in de Dynaport MiniMod betrouwbaar rechtlijnige versnellingen meet.

Op dit moment kunnen acht fysieke prestatie testen met de Dynaport MT worden uitgevoerd, namelijk de sit-to-stand test (STS test), Gait test, Sway test, Timed Up & Go test, Short Physical Performance Battery, Six Minute Walk test, Stair test en Glittre ADL test. Met elk van deze testen kunnen andere combinaties van fysieke vaardigheden worden gemeten. De MoveTest berekent uit de gemeten rechtlijnige versnellingen en hoeksnelheden parameters die maat geven aan de fysieke prestatie van de patiënt. Therapeuten die de MoveTest voor patiënten gebruiken, willen zeker weten dat de parameters die berekend worden ook daadwerkelijk valide zijn. Om zeker te weten dat de uitkomsten van de MoveTest analyse valide zijn, is er onderzoek nodig. Dit onderzoek is gefocust op het valideren van parameters van de sit-to-stand test.

De STS test is een veel gebruikte test om de functionele kracht in de onderste extremiteit van patiënten te meten (5). De kracht bepaalt namelijk voor de helft de variantie in de benodigde tijd om vanuit een zittende positie op te staan (6). Bij een STS test wordt de patiënt gevraagd om vanuit een zittende positie te gaan staan en vervolgens weer te gaan zitten. Deze beweging wordt enkele malen herhaald. Door de instrumentatie van de STS test kan de beweging worden opgesplitst in verschillende fases, waarbij de fases los van elkaar kunnen worden onderzocht. Op die manier kunnen er naast de totale duur van de STS test ook andere waardevolle parameters worden berekent, zoals de tijd van de sit-to-stand transitie en de tijd van de stand-to-sit transitie. Deze parameters geven meer inzicht in de sit-to-stand beweging, waarmee het moeilijk uit kunnen voeren van de beweging beter verklaard kan worden.

De sit-to-stand tijd is gevalideerd bij oudere personen en Parkinson patiënten (7). Volgens Zijlstra et al. (7) is de overeenkomst tussen sit-to-stand en stand-to-sit parameter detectie met krachtenplatformen (onder de stoel en de voeten) en de DynaPort Hybrid goed (ICC ≥ 0.75), behalve voor de parameter 'opsta tijd' bij Parkinson patiënten (ICC = 0.61). De Dynaport Hybrid is een voorloper van de Dynaport MT die ook een 3D-accelerometer en 3D-gyroscoop bevatte en met dezelfde analyse software werkte. Helaas is het protocol dat Zijlstra et al. gebruikt hebben (opstaan, 3-5 seconden wachten en vervolgens pas gaan zitten) niet te vergelijken met de protocollen die het meest worden gebruikt in de klinische praktijk, i.e. 5 keer herhalend opstaan in een zo kort mogelijke tijd en zo veel mogelijk herhalend opstaan in 30 seconden (2). Ook hebben Zijlstra et al. niet alle parameters onderzocht die voor de STS test van de MoveTest van belang zijn. Naast de parameters 'sit-to-stand tijdsduur' en 'stand-to-sit tijdsduur' en timingonderzoek van faseovergangen, zijn ook de parameters 'verticale snelheid', 'romphoek', 'totale tijd' en 'aantal uitgevoerde herhalingen' van belang.

Bij het gebruik van de STS test worden twee typen testen uitgevoerd: Gebaseerd op een vast aantal herhalingen waarbij de tijd wordt gemeten (time-based), en gebaseerd op een vaste tijd waarbij de herhalingen worden gemeten (repetition-based) (1). Omdat bij het gebruik van een ander protocol mogelijk de uitvoering van de sit-to-stand beweging anders wordt, is het belangrijk dat de MoveTest zowel time-based als repetition-based valide is. Dit onderzoek was een pilotonderzoek als voorloper op een onderzoek met patiënten. De onderzoeksvraag luidde daarom: Zijn de sit-to-stand test parameters, berekend door de MoveTest bij jongvolwassen, bij zowel een time-based meting als een repetition-based meting valide? De hypothese was dat de berekeningen van alle sit-to-stand parameters bij zowel een time-based meting als een repetition-based meting valide zijn, behalve de opsta tijd. De opsta tijd werd niet valide verwacht, omdat de parameter opsta tijd in het onderzoek van Zijlstra et al. een lage ICC-waarde had.

2. Methode

2.1 Proefpersonen

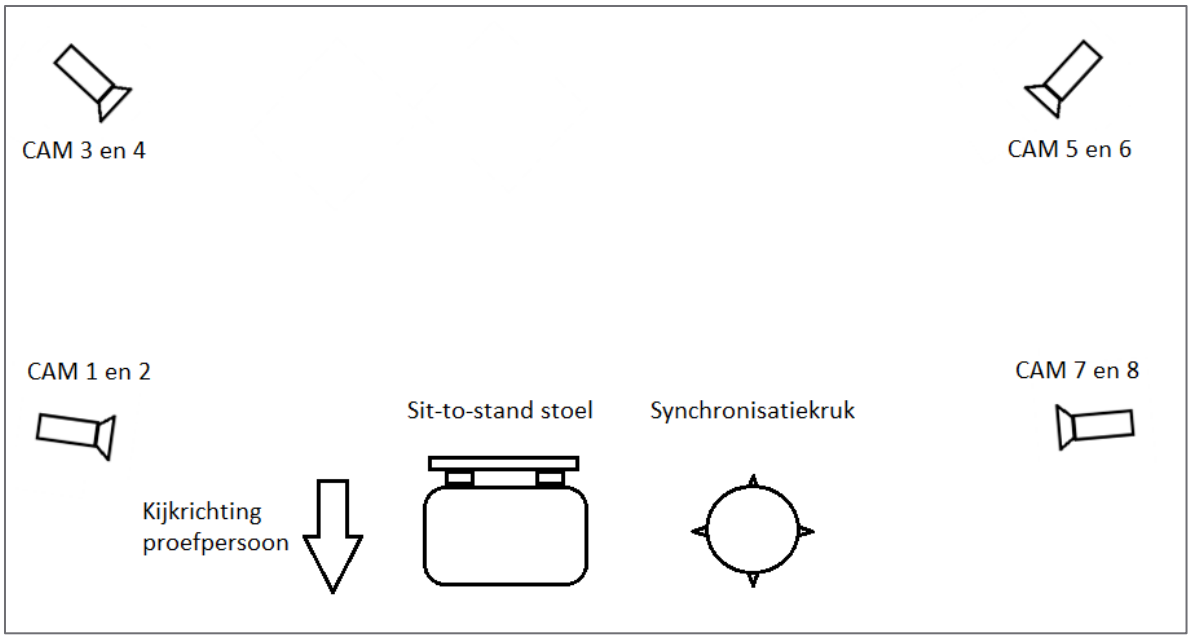
Aan de hand van een poweranalyse met het programma 'G*power' is bepaald dat 34 proefpersonen moeten worden geïncludeerd bij een significantieniveau van 95%, een power van 0.8 en een effect size van 0.5 (8). Het inclusiecriterium was een leeftijd tussen de achttien en dertig jaar, omdat deze doelgroep voorhanden was. Dit onderzoek was daarnaast een pilotonderzoek waarin de methode verkend is om de validatie met patiënten uit te voeren. Uit praktische overwegingen is er daarom voor jonge en gezonde proefpersonen gekozen.
De exclusiecriteria waren een BMI hoger dan 35 kg/m2, hartproblematiek, niet in staat tot vijf minuten aaneengesloten staan of lopen, pijn op de borst of kortademigheid bij tien minuten matig/intensieve sport, hartstilstand en/of bypassoperatie minder dan zes maanden geleden, herseninfarct of hersenbloeding minder dan zes maanden geleden, meer dan één keer per week duizelig, meer dan één keer flauwgevallen in de laatste zes maanden en het gebruik van slaappillen, antidepressiva of bètablokkers in de afgelopen week.

2.2 Parameters

Alle parameters die gebruikt worden om een MoveTest STS rapport te gereneren, zijn opgenomen in de analyse. Dit zijn de volgende tien parameters: de totale tijd van een protocolonderdeel [s], het totaal aantal sit-to-stand uitvoeringen [n], de tijdsduur van de sit-to-stand transitie [s], de tijdsduur van de stand-to-sit transitie [s], de timing van de start en het einde van de sit-to-stand transitie [s], de timing van de start en het einde van de stand-to-sit transitie [s], de verticale snelheid [m/s] en de romphoek [deg]. De timing van de start en het einde van STS transities is in het onderzoek meegenomen, omdat de transitiedetectie van belang is voor de berekening van parameters die over een gedeelte van het signaal worden berekend, zoals het vermogen. Het gedeelte van het signaal waarover het vermogen berekend kan worden, wordt ingekaderd door de start- en stopmomenten van transities.
De parameter 'totale tijd' was alleen voor een repetition-based meting van belang en de parameter 'totaal aantal sit-to-stand uitvoeringen' was alleen voor een time-based meting van belang. De overige acht parameters waren voor beide oefeningen van belang.

2.3 Opzet

De uitkomsten van de MoveTest zijn vergeleken met een gouden standaard. Optitrack (NaturalPoint Inc., USA) is gekozen als basis voor de gouden standaard om de parameters te valideren (9), omdat de Optitrack posities meet die in de dataverwerking niet geïntegreerd hoeven te worden, in tegenstelling tot de MoveTest, die hoeksnelheden en rechtlijnige versnellingen meet. Op basis van definities voor faseovergangen uit de literatuur is een programma geschreven dat de gemeten posities omrekent naar de te onderzoeken parameters.
De proefpersonen zijn met beide meetsystemen, de Optitrack en de Dynaport MT, tegelijk gemeten. Er is één Optitrack clustermarker op de Dynaport MT geplaatst. De optie om clustermarkers op andere lichaamsdelen te plaatsen is overwogen, maar er is gekozen om dit niet te doen, omdat de plaatsing van markers op andere delen van het lichaam ook een definitieverandering van de te meten parameters tot gevolg zou hebben. Dit zou een grote invloed op de uitkomsten tot gevolg kunnen hebben. De Optitrack clustermarker heeft tijdens een meting dus dezelfde weg afgelegd als de Dynaport MT, met het verschil dat de Optitrack de positie van de marker heeft gemeten, en de Dynaport MT de hoeksnelheid en rechtlijnige versnelling. Deze studie is daarom een validatiestudie van de parameterberekeningen, niet van de meetmethode.



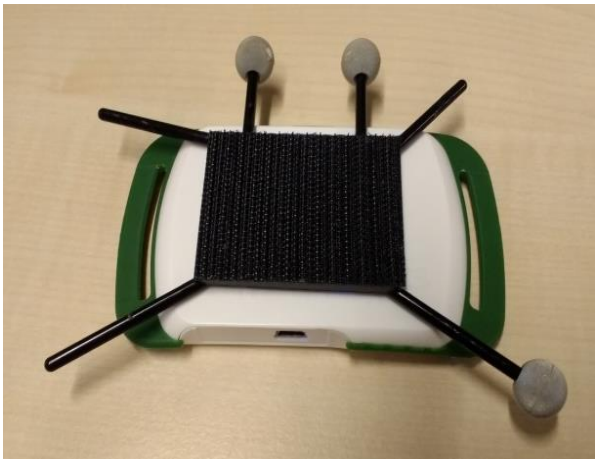
Figuur 1: De meetopstelling. De camera's bevinden zich per tweetal aan een verticale paal en zijn boven elkaar gepositioneerd. Camera 1 filmde in grijstinten en kon worden gebruikt ter controle bij afwijkende data.

Er zijn in totaal acht Optitrack camera's gebruikt (figuur 1), waarvan één van de camera's in grijstinten filmde en gebruikt kon worden ter controle van de uitgevoerde bewegingen bij afwijkende data. Indien er in het berekende stahoogtesignaal beweging plaatsvond die niet verklaard kon worden, kon aan de hand van de combinatie van het signaal en beeldmateriaal bepaald worden of de trial geëxcludeerd moest worden of niet.

Uit onderzoek blijkt dat de 5-herhalingen test (5x STS test) en de 30-seconden test (30sec STS test) vaak worden gebruikt (10). Beide variaties van de STS test zijn daarom opgenomen in het meetprotocol van dit onderzoek. Bij een 5x STS test wordt de proefpersoon gevraagd om vijf keer te gaan staan en weer te gaan zitten en wordt de tijd bijgehouden. Bij een 30sec STS test wordt de proefpersoon gevraagd om gedurende dertig seconden te gaan staan en weer te gaan zitten en wordt het aantal sit-to-stand herhalingen bijgehouden. De testen zijn ook op verschillende snelheden uitgevoerd, omdat de snelheid van de uitvoering voor veranderingen in de STS techniek kan zorgen (11). Beide testen zijn op langzame snelheid, een zelfgekozen comfortabele snelheid en op maximale snelheid uitgevoerd. Elke proefpersoon heeft dan in totaal zes oefeningen uitgevoerd. De proefpersoon mocht zelf kiezen hoe snel de langzame onderdelen van het protocol werd uitgevoerd. In welke volgorde de oefeningen werden uitgevoerd, is aan de hand van een door software willekeurig gekozen volgorde bepaald (12). Door het gerandomiseerd afnemen van de oefeningen, is een mogelijk effect van de voorgaande oefening op een volgende oefening verkleind.

2.4 Voorbereiding

Figuur 2. Foto van de meetopstelling. De rugleuning is verwijderd en vervangen door een rugleuning met een klein oppervlak. De stoel is gefixeerd met ducttape.



Figuur 4. Clustermarker op Dynaport MT, bevestigd met dubbelzijdig tape.

Voordat de proefpersonen aanwezig waren, werd de Optitrack gekalibreerd (Meetprotocol, bijlage 3). Binnen de Optitrack meetruimte werd een stoel met een zittinghoogte van 43-47 cm hoog geplaatst (2). Hiervoor is een stoel met een aangepaste rugleuning gebruikt (figuur 2). De rugleuning is verhoogd en het oppervlak van de leuning is verkleind, omdat de Optitrack marker op de rug zichtbaar moest blijven voor de Optitrack camera's (figuur 4). Naast de stoel stond een kruk die gebruikt is voor de synchronisatie van beide meetsystemen. Er werd een Optitrack clustermarker op de Dynaport MT geplaatst (figuur 3). De stoel is met de achterpoten tegen de vloerverhoging geplaatst en de stoel werd gefixeerd met behulp van ducttape om verschuiving tijdens een meting te voorkomen.

Figuur 3. Proefpersoon met de armen gekruist voor de borst. De clustermarker is goed zichtbaar door de aangepaste leuning.

Bij aankomst van de proefpersoon is het gewicht en de lengte bepaald en werd de proefpersoon gevraagd om het persoonlijke gegevens formulier in te vullen (Persoonlijke gegevens, bijlage 4). Ook werd de proefpersoon gevraagd om een toestemmingsverklaring te tekenen (Informed Consent, bijlage 5). Daarna werd de proefpersoon ingelicht over de oefeningen die uitgevoerd moesten worden.

2.5 Uitvoering

De Dynaport MT met de daarop bevestigde clustermarker werd op een kruk met een draaiend zitvlak gelegd en drie keer 180 graden heen en weer gedraaid. Vervolgens werd de Dynaport MT aan de proefpersoon bevestigd. Na de metingen werd de Dynaport MT losgemaakt en werd de synchronisatebeweging nogmaals uitgevoerd. Tussen de oefeningen door mocht de proefpersoon rust nemen. De proefpersoon gaf zelf aan wanneer er genoeg energie was om de volgende oefening te starten. Alle oefeningen werden met de armen gekruist voor het bovenlichaam uitgevoerd (2). Een meer uitgebreide beschrijving van de handelingen staat beschreven in het meetprotocol (Meetprotocol, bijlage 3).

2.6 Verwerking

Bij het ontbreken van meetpunten in het Optitrack signaal is het signaal tot en met een grootte van tien aaneengesloten missende meetpunten hersteld met behulp van interpolatie. Deze bewerking is uitgevoerd met de Optitrack software. Voor de data-analyse is gebruik gemaakt van MatLab r2014a (MathWorks, USA). Met MatLab is er een programma geschreven waarmee alle Optitrack signalen en tijdstippen zijn omgerekend naar de beschreven parameters. De systemen zijn met elkaar gesynchroniseerd door eerst de kruiscorrelatie te bepalen over het deel van het signaal waar de Dynaport MT op de kruk rondgedraaid werd. De uitkomst van deze kruiscorrelatie is een sampleaantal waarmee de signalen goed geknipt konden worden. Daarnaast is het Optitrack signaal opnieuw gesampled, zodat de samplefrequentie gelijk was aan de samplefrequentie van de Dynaport MT. In de praktijk werd opgemerkt dat de samplefrequentie van de MoveTest of de Optitrack niet exact klopt, omdat er bij een meting van 10 minuten aan het einde van het signaal een verschil van ongeveer 8 samples optrad. Om dit probleem op te lossen is de Optitrack niet naar 100 samples/s, maar naar 99,9933 samples/s gesampled, waarmee het probleem is opgelost. Het is onbekend of de samplefrequentie van de MoveTest of van de Optitrack niet exact klopt.
Ook is er geëxperimenteerd met verschillende filters en afsnijfrequenties om de ruis te filteren zonder dat er belangrijke informatie verloren ging. Er is gekozen voor een Butterworth laagdoorlaatfilter van de vierde orde met een afsnijfrequentie van 8Hz. Voor het bepalen van de Root Mean Square Error (RMSE) is bij beide signalen de offset verwijderd door de gemiddelde waarde van de eerste tien samples van het gehele signaal af te trekken. Alleen als beide signalen op dezelfde waarde beginnen, kan het verschil tussen de signalen namelijk goed berekend worden. De Dynaport MT signalen zijn door McRoberts omgerekend, zodat de parameters op dezelfde manier zouden worden berekend zoals dat voor een meting van een klant zou gebeuren.

2.7 Definitie parameters

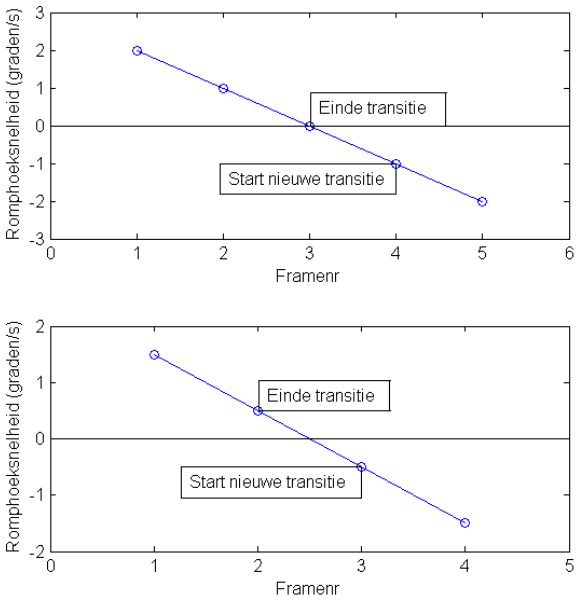
Om te bepalen wanneer een sit-to-stand beweging start en stopt, moeten deze momenten eerst worden gedefinieerd. Het begin van de sit-to-stand beweging wordt in de meeste kinematische onderzoeken gedefinieerd als de initiatie van rompbeweging (13–15). Het einde van de sit-to-stand beweging wordt door onderzoekers met verschillende parameters bepaald. In de literatuur wordt het stabiliseren van de heuphoek (16), de maximale verticale hoogte (13), het einde van rompextensie (17), een bewegingsloze uitgangshouding (18) en een heuphoeksnelheid van 0 graden/s (15) genoemd als definitie voor het einde van de sit-to-stand. Er is gekozen om een bewegingsloze uitgangshouding als definitie te hanteren, omdat dit met de definitie van de meeste onderzoeken overeenkomt.

2.8 Detectiemethode parameters

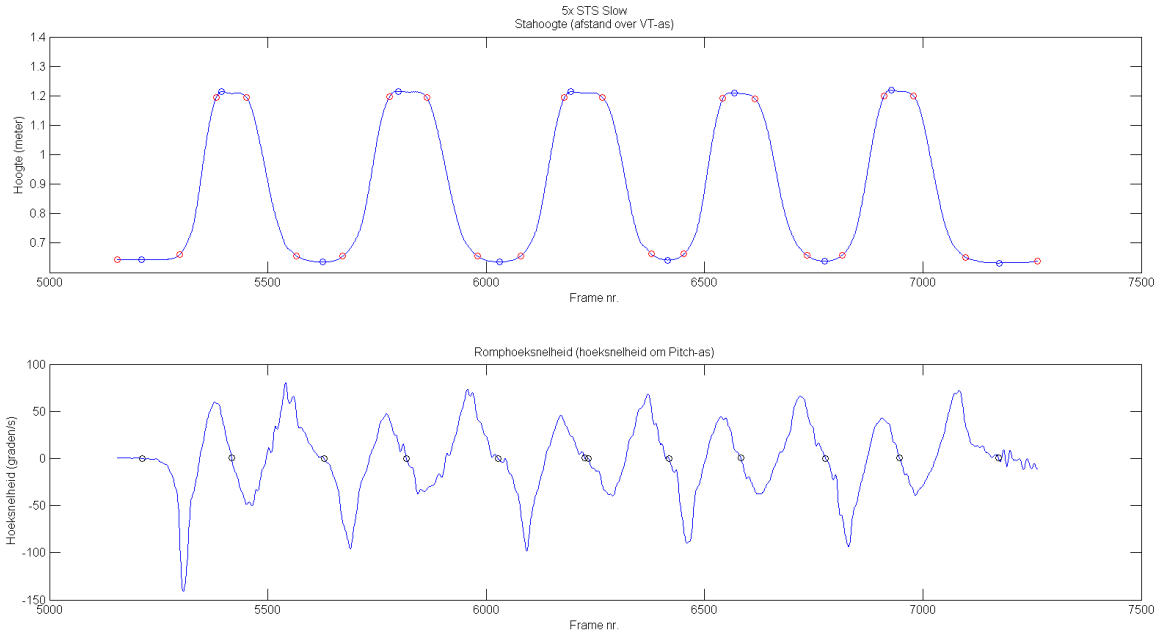
Voor de detectie van de start en het einde van sit-to-stand transities worden verschillende methoden gebruikt (11,13,14,18). Millington, Myklebust en Shambes (14) schrijven dat de sit-to-stand start bij het overschrijden van een absolute dempelwaarde; een minimale romphoeksnelheid van 3 graden/s. In de andere drie onderzoeken wordt geschreven over een procentuele drempelwaarde. Deze drempelwaarde wordt in alle gevallen op 5% gesteld, al zijn Pai en Rogers (11) uitgeweken naar een drempelwaarde van 7%, omdat de 5% drempelwaarde niet voor elke deelnemer toepasbaar was. Daarbij vermelden zij dat de drempelwaarde van 5% voor een toename van 8% van de totale STS tijd zorgt ten opzichte van de drempelwaarde van 7%.

Om zo dicht mogelijk bij de definitie van de start en het einde van de STS te blijven, is er gekozen om geen drempelwaarde te kiezen voor de detectie van de start- en eindmomenten van transities, maar voor het passeren van de 0-lijn in het romphoeksnelheidsignaal als start- of stopmoment van een STS. Bij passage van de 0-lijn wordt het eerstvolgende frame gekozen als start van een STS transitie, omdat een romphoeksnelheid van 0 graden/s geen inititatie van rompbeweging kenmerkt (figuur 5). Een romphoeksnelheid van 0 graden/s kenmerkt wel het einde van een STS transitie.

Indien het signaal bij een langzame STS uitvoering de 0-lijn meerdere malen passeerde bij een faseovergang werd ervoor gekozen om de eerste passage als het einde van de vorige transitie te nemen en de laatste passage als begin van de volgende transitie. Het stahoogte signaal is gebruikt om te bepalen of het passeren van de 0-lijn in het romphoeksnelheid signaal ook daadwerkelijk bij een faseovergang hoorde. In het stahoogte signaal is een drempelwaarde van 4 cm gebruikt voor de detectie van zitten en staan (figuur 6). De exacte waarde van deze drempelwaarde heeft weinig invloed op de resulataten, omdat het slechts de grenzen aangeeft waarbinnen de faseovergangen worden gezocht. Met behulp van een piekdetectie werden de uiterste zit- en stahoogtes bepaald. Als de deelnemer zich 4 cm boven de zithoogte bevond, was dat het begin of het einde van een zitperiode waarbinnen de overgang van stand-to-sit naar sit-to-stand gezocht kon worden. Als de deelnemer zich 4 cm onder de stahoogte bevond, was dat het begin of het einde van een staperiode waarbinnen de overgang van sit-to-stand naar stand-to-sit gezocht kon worden.



Figuur 5. In de bovenste plot wordt de 0-waarde gekozen als eindpunt van de sit-to-stand transitie. De waarde die daarop volgt is de eerste waarde voor rompflexie en kenmerkt daarmee de start van een sit-to-stand transitie. Indien er geen waarde precies op 0 ligt, worden de waarden die daar direct boven en onder liggen gekozen als start en einde van een transitie (onderste plot).



Figuur 6. In de bovenste plot staan de uiterste zit- en stahoogtes met blauwe rondjes aangeduid. De periodes waarin de faseovergang gezocht werd, staan aangeduid met rode rondjes. In de onderste plot staan de momenten waarop het romphoeksignaal de 0-lijn passeerd met zwarte rondjes aangeduid.

2.9 Statistiek

Het totaal aantal sit-to-stands dat de MoveTest correct meet, is onderzocht met de F1-score (19). De recall, precision en F1-score bereiken hun hoogste score bij 1. Voor de parameters totale tijd, de tijdsduur van de sit-to-stand transitie en de tijdsduur van de stand-to-sit transitie is de ICC bepaald en een gepaarde t-toets uitgevoerd. Indien de data niet normaal verdeeld was, is de non-parametrische Mann-Whitney U toets gebruikt. Er is daarbij gerekend met een betrouwbaarheidsinterval van 95% ($P<0.05$). De parameters zijn valide als $P>0,05$ en $ICC\geq0,75$, omdat de verschillen tussen de MoveTest en de Optitrack niet significant mogen zijn en een correlatie coëfficiënt van 0,75 of hoger als een hoge mate van overeenkomst wordt gezien (20). Met de Smallest Detectable Difference (SDD) is bepaald hoe sensitief de MoveTest is voor verschillende waarnemingen op dezelfde proefpersoon (21). Vervolgens zijn de verschillen tussen de MoveTest en de Optitrack vergeleken met de SDD waardes. De SDD is berekend over de tweede en derde sit-to-stand herhaling binnen een STS test, omdat de eerste sit-to-stand beweging af zou kunnen wijken, vanwege het beginnen vanuit een rustpositie. Er zijn Bland-Altman plots gemaakt om systematische fouten te detecteren (22). Voor de start en het einde van de sit-to-stand transitie en de start en het einde van de stand-to-sit transitie is een one-sample t-toets gedaan, waarmee de timingverschuiving van de transities tussen de beide meetsystemen is onderzocht. Voor de parameters romphoek en verticale snelheid zijn de Root Mean Square Error (RMSE) en de procentuele RMSE (%RMSE) relatief ten opzichte van het bereik van het Optitrack signaal bepaald. De parameters zijn valide voor $RMSE<10\%$ (23). Voor de statistische verwerking is gebruik gemaakt van Matlab en SPSS Statistics 23 (IBM, Amsterdam).

3. Resultaten

3.1 Exclusies

Er zijn in totaal 43 proefpersonen benaderd. Hiervan is er één geëxcludeerd vanwege een medische indicatie. Later zijn er nog vijf geëxcludeerd vanwege:

- Een leeftijd lager dan achttien jaar,
- Het hebben van teveel informatie over het doel van het onderzoek.

Tenslotte zijn er nog twee metingen geëxcludeerd vanwege:

- Gaten in de Optitrack data van meer dan tien samples, waarbij het niet meer mogelijk was om te achterhalen bij welk protocolonderdeel dit was,
- Een gefaalde McRoberts data-analyse.

Van de overgebleven 35 metingen (tabel 1) zijn er vier metingen waarbij er één van de zes protocolonderdelen niet is gebruikt vanwege:

- Meer dan vijf sit-to-stands uitvoeren bij een 5x STS test,
- De proefpersoon is blijven staan na een STS test,
- De proefpersoon is niet volledig opgestaan tijdens de STS test.

Tabel 1. Proefpersoon details

	Mannen (mean ± SD)	Vrouwen (mean ± SD)	Totaal (mean ± SD)
N (na exclusie)	14	21	35
Leeftijd (jaren)	21,94 ± 1,76	21,46 ± 2,03	21,65 ± 1,91
Lengte (meter)	182,71 ± 7,68	171,57 ± 6,87	176,03 ± 9,00
gewicht (kg)	76,43 ± 8,98	68,26 ± 12,60	71,53 ± 11,86
BMI (kg/m^2)	22,84 ± 1,72	23,10 ± 3,16	23,00 ± 2,65

3.2 Tabellen en grafieken

Bij enkele proefpersonen kon het begin of einde van een transitie (passage romphoeksnelheid 0 graden/s) niet bepaald worden binnen de periode waar de proefpersoon als staand werd gedetecteerd. De reden hiervoor is dat proefpersonen die de sit-to-stand erg snel uitvoerden, in de staande positie nog geen maximale rompextensie hadden bereikt. Het einde van rompextensie vond pas plaats na het inzetten van de dalende beweging. In deze gevallen is de start van de stand-to-sit transitie op de maximale stahoogte bepaald.

De totale tijd, berekend door de MoveTest, komt matig (r = 0,74) tot goed (r = 0,77) overeen met de Optitrack voor de comfortabele en hoge uitvoeringssnelheden (tabel 2; figuur 7 en 10). De verschillen tussen de MoveTest en de Optitrack zijn niet significant voor alle uitvoeringssnelheden (P>0,05).
In tabel 3 staat het aantal sit-to-stands dat de MoveTest goed heeft gemeten en het aantal sit-to-stands dat de MoveTest heeft gemist. De false positive en precision waardes zijn altijd 0 en 1, respectievelijk, omdat de MoveTest geen sit-to-stands heeft gemeten die de Optitrack niet gemeten heeft. De F1-score bereikt zijn hoogste waarde bij de 5x STS op comfortabele snelheid (F1=0,99) en zijn laagste waarde bij de 30sec STS op hoge snelheid (F1=0,92).
De Optitrack heeft langere sit-to-stand en stand-to-sit tijdsduren gemeten dan de MoveTest (tabel 4 en 5). Hoe groter de uitvoeringssnelheid, hoe kleiner het tijdsverschil tussen de MoveTest en de Optitrack (figuur 8 en 9 voor Bland Altman plots). De Bland-Altman plots zijn ingezoomd op de data binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval. In bijlage 6 staan de figuren waarop alle datapunten zichtbaar zijn. Zowel voor de sit-to-stand tijd als de stand-to-sit tijd heeft de Optitrack een langere tijd berekend dan de MoveTest. De MoveTest transitie tijdsduren komen bij de 5x STS op comfortabele snelheid (r=0,75) en bij de langzaam uitgevoerde protocolonderdelen (r>0,84) goed overeen met de Optitrack. Bij zowel bij de sit-to-stand tijd als de stand-to-sit tijd is de MoveTest bij alle snelle protocolonderdelen niet significant verschillend ten opzichte van de Optitrack (P>0,05).

In tabel 6-9 is de timingverschuiving van de start- en stopmomenten van de sit-to-stand en stand-to-sit transities weergegeven. Het startmoment van de sit-to-stand en stand-to-sit heeft de MoveTest later bepaald dan de Optitrack. De Smallest Detectable Difference (SDD) varieert van 0,02s-0,46s, met een uitschieter van 3,65s bij het stopmoment van protocolonderdeel 6. De stopmomenten van de sit-to-stand op comfortabele snelheid en de stopmomenten van de stand-to-sit op hoge snelheid zijn niet significant verschillend (P>0,05).
De Root Mean Square Error als percentage van het totale bereik van de Optitrack (%RMSE) is voor elk protocolonderdeel gemiddeld lager dan 10% (tabel 10). Wel is de %RMSE van de romphoek (5,71 < mean %RMSE < 6,45) hoger dan de %RMSE van de verticale snelheid (3,60 < mean %RMSE < 4,01).

Tabel 2. Totale tijd van een protocolonderdeel. De protocolnummers hebben de volgende betekenis: 1 = 5x STS langzaam, 2 = 5x STS comfortabel, 3 = 5x STS snel, 4 = 30sec STS langzaam, 5 = 30sec STS comfortabel en 6 = 30sec STS snel. Alleen de resultaten van protocolonderdeel 1, 2 en 3 zijn weegegeven, omdat de totale tijd bij protocolonderdelen 4, 5 en 6 al vast stond. N = aantal proefpersonen. Afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti|. Procentuele afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti| als percentage van de Optitrack totale tijdsduur. r = correlatie coëfficiënt.

Protocol	N	MoveTest (Mean ± SD) (s)	Optitrack (Mean ± SD) (s)	Afwijking (Mean ± SD) (s)	Procentuele afwijking (Mean ± SD) (%)	r
1	34	21,68 ± 4,83[a]	25,67 ± 7,71[a]	3,99 ± 7,50	11,76 ± 16,92	0,27
2	35	17,12 ± 2,83[a]	18,09 ± 2,99[a]	0,97 ± 1,81	4,97 ± 7,71	0,77**
3	34	10,06 ± 1,97[a]	10,83 ± 1,58[a]	0,77 ± 1,12	7,33 ± 11,15	0,74

[a]De gegevens zijn niet normaal verdeeld. Er is een non-parametrische paired samples Mann-Whitney U test is gebruikt.
*Significant verschillend (P < 0,05)
** r > 0,75

Tabel 3. De F1-score, berekend voor het totaal aantal sit-to-stands dat de MoveTest gemeten heeft. Er zijn geen waardes voor de kolom 'False negative', omdat de Optitrack alle STS's heeft waargenomen.

Protocol	True Positive	False Negative	False Positive	Precision	Recall	F1-score
1	153	17	0	1	0,90	0,95
2	172	3	0	1	0,98	0,99
3	158	12	0	1	0,93	0,96
4	198	28	0	1	0,88	0,93
5	284	29	0	1	0,91	0,95
6	458	78	0	1	0,85	0,92

Tabel 4. Sit-to-stand tijdsduur. De protocolnummers hebben de volgende betekenis: 1 = 5x STS langzaam, 2 = 5x STS comfortabel, 3 = 5x STS snel, 4 = 30sec STS langzaam, 5 = 30sec STS comfortabel en 6 = 30sec STS snel. N = totaal aantal sit-to-stand-to-sit bewegingen. Afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti|. Procentuele afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti| als percentage van de Optitrack sit-to-stand tijd. N SDD = Aantal proefpersonen waarvan de MoveTest drie of meer sit-to-stand bewegingen per protocolonderdeel heeft gemeten, waardoor de SDD berekend kon worden. SDD = smallest detectable difference. r = correlatie coëfficiënt.

Proto-col	N	MoveTest (Mean ± SD) (s)	Optitrack (Mean ± SD) (s)	Afwijking (Mean ± SD) (s)	Procentuele afwijking (Mean ± SD) (%)	N SDD	SDD 95% (s)	r
1	153	2,10 ± 0,57[a]*	2,32 ± 0,66[a]*	0,22 ± 0,20	8,94 ± 6,61	33	0,45	0,89**
2	172	1,53 ± 0,24[a]*	1,68 ± 0,32[a]*	0,15 ± 0,15	8,27 ± 6,80	35	0,15	0,75**
3	158	0,99 ± 0,16[a]	1,03 ± 0,23[a]	0,10 ± 0,18	9,27 ± 20,66	31	0,26	0,47
4	198	2,07 ± 0,59[a]*	2,28 ± 0,66[a]*	0,25 ± 0,26	9,90 ± 9,54	34	0,18	0,84**
5	284	1,46 ± 0,28[a]*	1,56 ± 0,35[a]*	0,14 ± 0,23	7,75 ± 12,89	33	0,16	0,67
6	458	0,99 ± 0,22[a]	0,99 ± 0,20[a]	0,07 ± 0,15	7,04 ± 16,05	34	0,15	0,68

[a]De gegevens zijn niet normaal verdeeld. Er is een non-parametrische one sample Mann-Whitney U test is gebruikt.
*Significant verschillend (P < 0,05)
** r > 0,75

Tabel 5. Stand-to-sit tijdsduur. De protocolnummers hebben de volgende betekenis: 1 = 5x STS langzaam, 2 = 5x STS comfortabel, 3 = 5x STS snel, 4 = 30sec STS langzaam, 5 = 30sec STS comfortabel en 6 = 30sec STS snel. N = totaal aantal sit-to-stand-to-sit bewegingen. Afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti|. Procentuele afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti| als percentage van de Optitrack stand-to-sit tijd. N SDD = Aantal proefpersonen waarvan de MoveTest drie of meer sit-to-stand bewegingen per protocolonderdeel heeft gemeten, waardoor de SDD berekend kon worden. SDD = smallest detectable difference. r = correlatie coëfficiënt.

Proto-col	N	MoveTest (Mean ± SD) (s)	Optitrack (Mean ± SD) (s)	Afwijking (Mean ± SD) (s)	Procentuele afwijking (Mean ± SD) (%)	N SDD	SDD 95% (s)	r
1	153	2,25 ± 0,67[a]*	2,51 ± 0,76[a]*	0,27 ± 0,23	10,29 ± 7,97	33	0,21	0,89**
2	172	1,70 ± 0,29[a]*	1,88 ± 0,39[a]*	0,18 ± 0,25	8,35 ± 8,13	35	0,17	0,66
3	158	1,08 ± 0,29[a]	1,13 ± 0,37[a]	0,15 ± 0,33	12,74 ± 34,12	31	0,45	0,41
4	198	2,20 ± 0,64[a]*	2,42 ± 0,74[a]*	0,24 ± 0,28	9,29 ± 8,35	34	0,22	0,87**
5	284	1,57 ± 0,32[a]*	1,66 ± 0,34[a]*	0,13 ± 0,20	7,85 ± 11,17	33	0,15	0,74
6	458	1,04 ± 0,47[a]	1,04 ± 0,28[a]	0,11 ± 0,45	12,17 ± 61,30	34	3,66	0,27

[a]De gegevens zijn niet normaal verdeeld. Er is een non-parametrische one sample Mann-Whitney U test is gebruikt.
*Significant verschillend (P < 0,05)
** r > 0,75

Tabel 6. Startmomenten sit-to-stand. De protocolnummers hebben de volgende betekenis: 1 = 5x STS langzaam, 2 = 5x STS comfortabel, 3 = 5x STS snel, 4 = 30sec STS langzaam, 5 = 30sec STS comfortabel en 6 = 30sec STS snel. N = totaal aantal sit-to-stand bewegingen. Verschil = MT-Opti. Een positief verschil geeft aan dat het MoveTest startmoment later is bepaald dan het Optitrack startmoment. Afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti|. Procentuele afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti| als percentage van de sit-to-stand tijd. N SDD = Aantal proefpersonen waarvan de MoveTest drie of meer sit-to-stand bewegingen per protocolonderdeel heeft gemeten, waardoor de SDD berekend kon worden. SDD = smallest detectable difference.

Protocol	N	Verschil (Mean ± SD) (s)	Afwijking (Mean ± SD) (s)	Procentuele afwijking (Mean ± SD) (%)	N SDD	SDD 95% (s)
1	153	0,18 ± 0,19[a]*	0,18 ± 0,19	7,43 ± 6,21	33	0,41
2	172	0,13 ±0,13[a]*	0,14 ± 0,13	7,48 ± 5,95	35	0,12
3	158	0,07 ± 0,19[a]*	0,10 ± 0,17	9,59 ± 17,92	31	0,29
4	198	0,19 ± 0,21[a]*	0,19 ± 0,21	7,88 ± 9,21	34	0,14
5	284	0,12 ± 0,24[a]*	0,13 ± 0,24	7,59 ± 13,32	33	0,16
6	458	0,04 ± 0,14[a]*	0,07 ± 0,12	6,97 ± 13,90	34	0,16

[a]De gegevens zijn niet normaal verdeeld. Er is een non-parametrische one sample Mann-Whitney U test is gebruikt.
*Significant verschillend (P < 0,05)

Tabel 7. Stopmomenten sit-to-stand. De protocolnummers hebben de volgende betekenis: 1 = 5x STS langzaam, 2 = 5x STS comfortabel, 3 = 5x STS snel, 4 = 30sec STS langzaam, 5 = 30sec STS comfortabel en 6 = 30sec STS snel. N = totaal aantal sit-to-stand bewegingen. Verschil = MT-Opti. Een positief verschil geeft aan dat het MoveTest startmoment later is bepaald dan het Optitrack startmoment. Afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti|. Procentuele afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti| als percentage van de sit-to-stand tijd. N SDD = Aantal proefpersonen waarvan de MoveTest drie of meer sit-to-stand bewegingen per protocolonderdeel heeft gemeten, waardoor de SDD berekend kon worden. SDD = smallest detectable difference.

Protocol	N	Verschil (Mean ± SD) (s)	Afwijking (Mean ± SD) (s)	Procentuele afwijking (Mean ± SD) (%)	N SDD	SDD 95% (s)
1	153	-0,04 ± 0,06[a]*	0,05 ± 0,05	2,21 ± 1,90	33	0,13
2	172	-0,01 ± 0,06[a]	0,04 ± 0,05	2,28 ± 2,50	35	0,11
3	158	0,03 ± 0,14[a]*	0,03 ± 0,14	3,98 ± 21,49	31	0,03
4	198	-0,03 ± 0,24[a]*	0,09 ± 0,22	4,01 ± 11,24	34	0,23
5	284	0,02 ± 0,29[a]	0,06 ± 0,28	4,22 ± 20,55	33	0,06
6	458	0,04 ± 0,15[a]*	0,04 ± 0,15	4,04 ± 15,30	34	0,02

[a]De gegevens zijn niet normaal verdeeld. Er is een non-parametrische one sample Mann-Whitney U test is gebruikt.
*Significant verschillend (P < 0,05)

Tabel 8. Startmomenten stand-to-sit. De protocolnummers hebben de volgende betekenis: 1 = 5x STS langzaam, 2 = 5x STS comfortabel, 3 = 5x STS snel, 4 = 30sec STS langzaam, 5 = 30sec STS comfortabel en 6 = 30sec STS snel. N = totaal aantal sit-to-stand bewegingen. Verschil = MT-Opti. Een positief verschil geeft aan dat het MoveTest startmoment later is bepaald dan het Optitrack startmoment. Afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti|. Procentuele afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti| als percentage van de stand-to-sit tijd. N SDD = Aantal proefpersonen waarvan de MoveTest drie of meer sit-to-stand bewegingen per protocolonderdeel heeft gemeten, waardoor de SDD berekend kon worden. SDD = smallest detectable difference.

Protocol	N	Verschil (Mean ± SD) (s)	Afwijking (Mean ± SD) (s)	Procentuele afwijking (Mean ± SD) (%)	N SDD	SDD 95% (s)
1	153	0,17 ± 0,17[a]*	0,18 ± 0,16	7,11 ± 6,62	33	0,22
2	172	0,10 ± 0,07[a]*	0,10 ± 0,07	5,00 ± 3,24	35	0,13
3	158	0,07 ± 0,30[a]*	0,07 ± 0,30	7,56 ± 32,72	31	0,05
4	198	0,22 ± 0,55[a]*	0,22 ± 0,55	9,63 ± 25,51	34	0,26
5	284	0,13 ± 0,37[a]*	0,13 ± 0,37	7,79 ± 23,31	33	0,15
6	458	0,07 ± 0,25[a]*	0,07 ± 0,25	7,81 ± 28,83	34	0,03

[a]De gegevens zijn niet normaal verdeeld. Er is een non-parametrische one sample Mann-Whitney U test is gebruikt.
*Significant verschillend (P < 0,05)

Tabel 9. Stopmomenten stand-to-sit. De protocolnummers hebben de volgende betekenis: 1 = 5x STS langzaam, 2 = 5x STS comfortabel, 3 = 5x STS snel, 4 = 30sec STS langzaam, 5 = 30sec STS comfortabel en 6 = 30sec STS snel. N = totaal aantal sit-to-stand bewegingen. Verschil = MT-Opti. Een positief verschil geeft aan dat het MoveTest startmoment later is bepaald dan het Optitrack startmoment. Afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti|. Procentuele afwijking = Absoluut verschil |MT-Opti| als percentage van de stand-to-sit tijd. N SDD = Aantal proefpersonen waarvan de MoveTest drie of meer sit-to-stand bewegingen per protocolonderdeel heeft gemeten, waardoor de SDD berekend kon worden. SDD = smallest detectable difference.

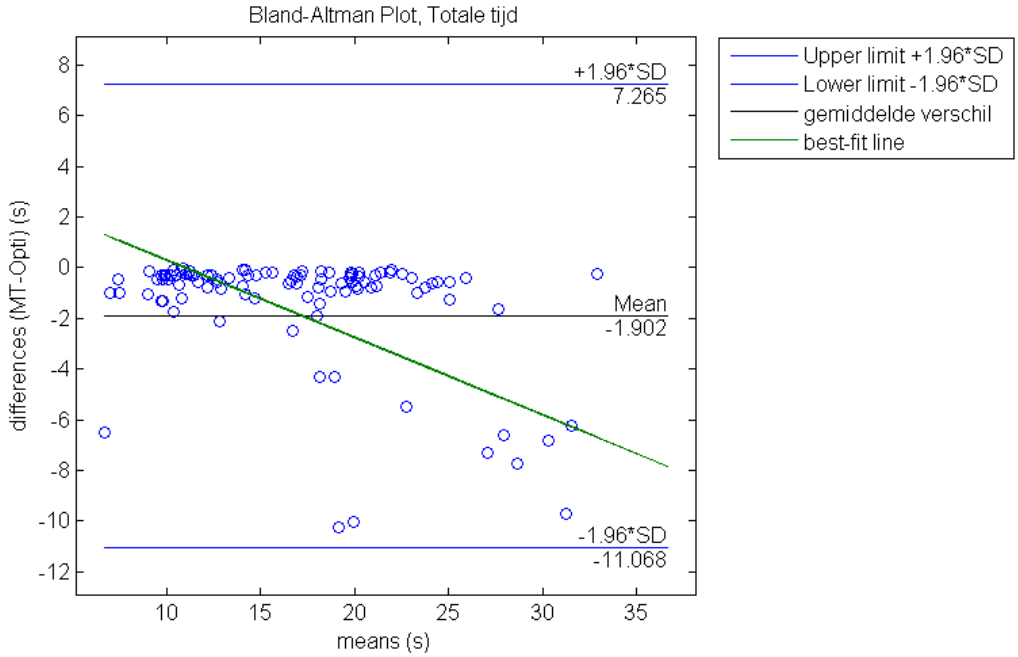
Protocol	N	Verschil (Mean ± SD) (s)	Afwijking (Mean ± SD) (s)	Procentuele afwijking (Mean ± SD) (%)	N SDD	SDD 95% (s)
1	153	-0,09 ± 0,16[a]*	0,10 ± 0,16	3,49 ± 4,63	33	0,10
2	172	-0,08 ± 0,24[a]*	0,09 ± 0,23	3,75 ± 7,73	35	0,22
3	158	0,02 ± 0,52[a]	0,16 ± 0,50	14,88 ± 57,08	31	0,46
4	198	0,00 ± 0,59[a]*	0,17 ± 0,56	6,90 ± 25,24	34	0,21
5	284	0,04 ± 0,42[a]*	0,11 ± 0,41	6,53 ± 25,61	33	0,06
6	458	0,07 ± 0,56[a]	0,12 ± 0,55	13,95 ± 71,01	34	3,65

[a]De gegevens zijn niet normaal verdeeld. Er is een non-parametrische one sample Mann-Whitney U test is gebruikt.
*Significant verschillend (P < 0,05)

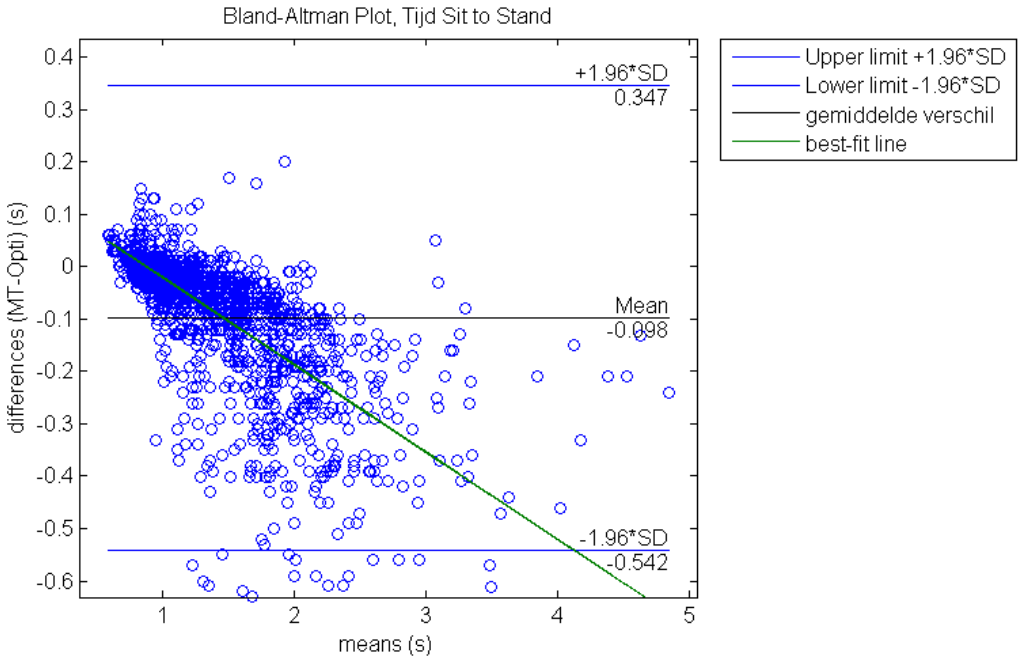
Tabel 10. Root Mean Square Error (RMSE) en %RMSE. De %RMSE is het percentage van RMSE ten opzichte van het totale bereik van het Optitrack signaal.

Protocol	N (aantal proefpersonen)	Romphoek		Verticale snelheid	
		RMSE (Mean ± SD) (graden)	%RMSE (Mean ± SD) (%)	RMSE (Mean ± SD) (m/s)	%RMSE (Mean ± SD) (%)
1	35	3,14 ± 2,00	6,45 ± 3,70*	0,07 ± 0,04	3,81 ± 1,82*
2	36	3,17 ± 2,10	6,15 ± 3,57*	0,06 ± 0,03	3,72 ± 2,25*
3	32	2,77 ± 1,33	5,75 ± 2,77*	0,07 ± 0,04	3,60 ± 1,85*
4	35	2,92 ± 2,17	5,71 ± 3,63*	0,08 ± 0,04	4,01 ± 1,95*
5	34	2,92 ± 2,01	5,91 ± 3,64*	0,07 ± 0,06	3,90 ± 3,29*
6	34	2,93 ± 1,52	5,93 ± 2,94*	0,06 ± 0,04	3,67 ± 1,97*

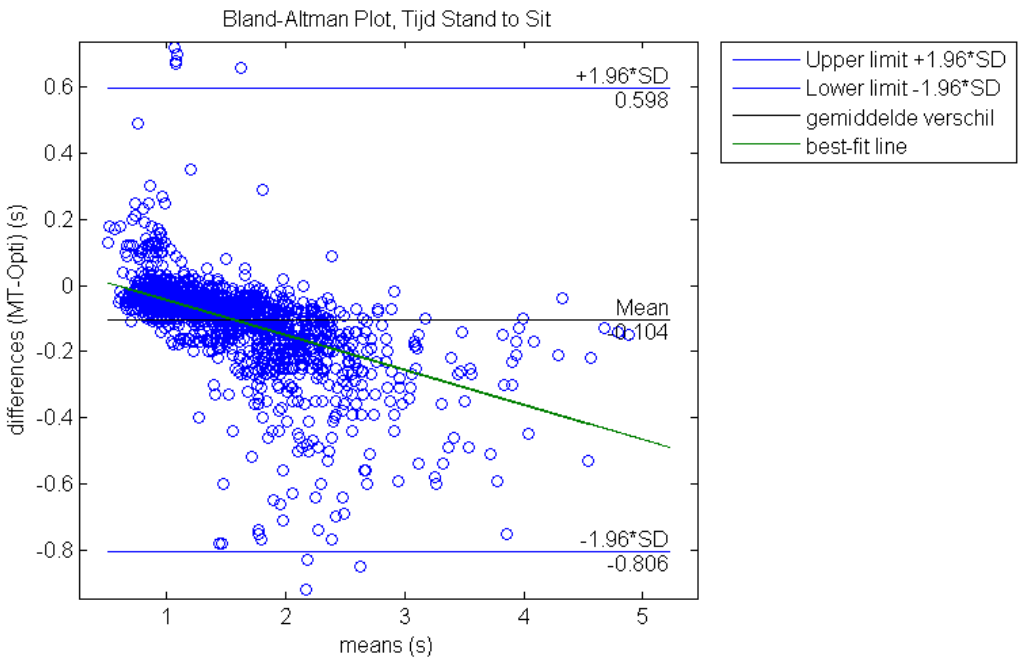
* %RMSE < 10%



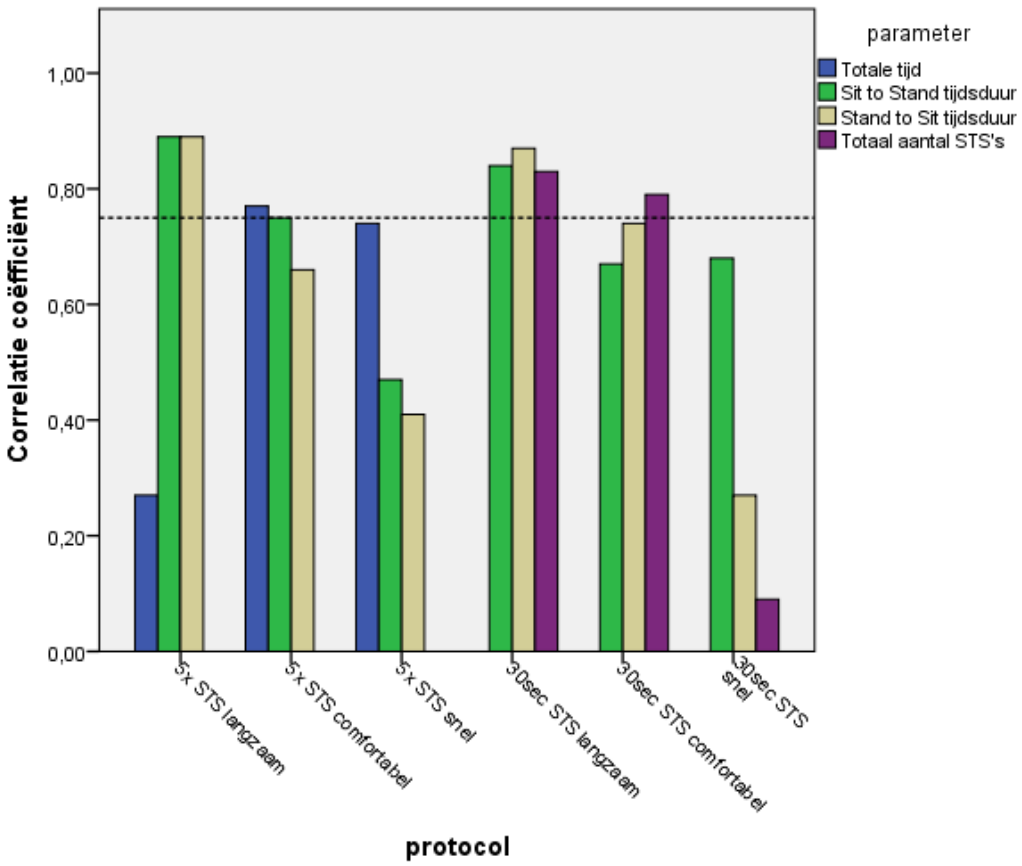
Figuur 7. Bland-Altman plot, Totale tijdsduur van een trial. Alleen de data van de protocolonderdelen 1-3 zijn meegenomen, omdat de tijdsduur van de protocolonderdelen 4-6 al vast stond. De plot is ingezoomd op de data binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval. De volledige plot staat in bijlage 6.



Figuur 8. Bland-Altman plot, tijdsduur van alle sit-to-stand uitvoeringen. De plot is ingezoomd op de data binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval. De volledige plot staat in bijlage 6.



Figuur 9. Bland-Altman plot, tijdsduur van alle stand-to-sit uitvoeringen. De plot is ingezoomd op de data binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval. De volledige plot staat in bijlage 6.



Figuur 10. De correlatie coëfficient uitgezet tegen de protocolonderdelen, gegroepeerd op parameter. De stippellijn geeft een correlatie coëfficiënt van 0,75 aan.

4. Discussie

Voor de validatie van de MoveTest is er voor tien parameters onderzocht of de uitkomsten van de analyse van de MoveTest verschillen van de uitkomsten van de Optitrack analyse. Naast de meest globale parameters, zoals het aantal sit-to-stands en de totale tijdsduur, is er ook onderzocht of de sit-to-stand en stand-to-sit tijdsduur valide zijn en of er een timingsverschil in de detectie van faseovergangen is. Tenslotte is er op signaalniveau gekeken hoe groot de verschillen tussen het romphoek signaal en het verticale snelheid signaal van de MoveTest en de Optitrack zijn.

4.1 Totale tijd

Er zijn geen significante verschillen gevonden in de parameter 'totale tijd' (tabel 2; figuur 7). De r-waardes van protocolonderdeel 2 en 3 zijn redelijk tot goed (r=0,77 en r=0,74, respectievelijk). De reden dat de correlatie coëfficiënt voor de langzame uitvoeringssnelheid zo laag is (r=0,28) (figuur 10), is dat de drempelwaarde voor detectie in de MoveTest analyse niet wordt bereikt bij hele lage uitvoeringssnelheden. Daardoor mist de MoveTest vaak de eerste of de laatste paar sit-to-stands, waarmee de totale tijd drastisch verlaagd. Bij de snelle protocolonderdelen omvangt één sit-to-stand bepaald door de MoveTest in werkelijkheid meerdere sit-to-stands bepaald door de Optitrack, waardoor de totale tijd weinig beïnvloed wordt. Een verschil tussen de MoveTest en de Optitrack van groter dan 2 seconden komt bij protocolonderdeel 1 in totaal 11 keer voor en bij protocolonderdeel 3 maar 2 keer.
Onderzoek wijst uit dat krachttraining bij COPD patiënten kan oplopen tot een vermindering van de totale 5x STS tijd van gemiddeld -1,7s (P<0.001) (24). Omdat de correlatie coëfficiënt van protocolonderdeel 2 groter is dan 0,75 en het verschil tussen de MoveTest en de Optitrack minder dan -1,7s is (procentuele afwijking: 4,97% ± 7,71%), wordt er geconcludeerd dat de totale tijd op comfortabele uitvoeringssnelheid valide is.

4.2 Aantal sit-to-stands

De MoveTest moet in staat zijn om significante verschillen in het aantal STS's waar te nemen, daarom wordt er gekeken welke recall-waarde de MoveTest minimaal moet bereiken om geen significante verschillen te meten. Zanini et al. (25) hebben waargenomen dat COPD patiënten bij een normaal longrevalidatie traject het aantal STS's dat ze tijdens een 30sec STS test uit kunnen voeren van 13 naar 14 kunnen verhogen (P=0,042). Een verhoging van het aantal STS's met 1 kan dus voor een significant verschil zorgen.
De parameter 'aantal STS's' is valide bij een betrouwbaarheidsinterval van 95% als bij 100 metingen maximaal 5 metingen 1 sit-to-stand missen. Uitgaande van een gemiddeld aantal sit-to-stands van 13 (25), hoort daarbij een recall-waarde van $\frac{100*13-5}{100*13} = 0{,}996$. Deze waarde wordt op dit moment nog niet door de MoveTest bereikt (tabel 3). Het aantal STS's kan daarom nog niet als valide worden beschouwd.

4.3 Tijdsduur transities

De sit-to-stand tijdsduur en de stand-to-sit tijdsduur, berekend door de MoveTest, verschillen niet significant met de Optitrack bij de protocolonderdelen op een hoge uitvoeringssnelheid. In de resultaten is te zien dat de absolute verschillen bij deze protocolonderdelen klein zijn (tabel 4 en 5; figuur 8 en 9), maar de relatieve verschillen als percentage van de Optitrack transitieduur daarentegen zijn bij de protocolonderdelen op maximale snelheid het grootst in vergelijking met de andere uitvoeringssnelheden. Daarom kan er op basis van de P-waarde niet geconcludeerd worden of deze parameters valide zijn.
Op basis van SDD-waardes wordt daarom gekeken of het gebruik van de MoveTest voor de bepaling van transitie tijdsduren een sensitieve methode is en of de MoveTest een valide methode is, in relatie tot de sensitiviteit. Behalve bij protocolonderdeel 4 van de sit-to-stand tijd en

protocolonderdeel 1 van de stand-to-sit tijd, zijn er geen afwijkingen die ver buiten de SDD vallen. De sit-to-stand tijd bij protocolonderdeel 4 en de stand-to-sit tijd bij protocolonderdeel 1 worden daarom als niet valide beschouwd. Daarnaast is de SDD van protocolonderdeel 6 van de stand-to-sit tijd dusdanig groot (SDD = 3,66s), dat hiervoor geconcludeerd moet worden dat de MoveTest de stand-to-sit tijd bij de 30sec STS test op hoge uitvoeringssnelheid niet goed kan meten.

4.4 Start- en stopmomenten transities

Vervolgens kan de STS test nog een laag dieper worden geanalyseerd, namelijk door de start- en stopmomenten van transities te onderzoeken (tabel 6-9). Hier ziet men dat alleen bij de stopmomenten van de sit-to-stand bij protocolonderdeel 5 en de stopmomenten van de stand-to-sit bij protocolonderdeel 6 de MoveTest niet significant verschillend is van de Optitrack (P>0,05). Desalniettemin kunnen ze niet gelijk als valide worden beschouwd, omdat de procentuele tijdsverschillen ten opzichte van de transitie tijdsduur erg varieert (2,25% < Mean < 18,19% en 2,48% < SD < 87,62%). Over deze parameters zijn daarnaast in de literatuur niet eerder conclusies getrokken, waardoor er geen vergelijking kan worden gemaakt.
Daarom wordt er op basis van SDD-waardes gekeken of het gebruik van de MoveTest voor faseovergangdetectie een sensitieve methode is en of de MoveTest een valide methode is, in relatie tot de sensitiviteit.
De SDD is voor de protocolonderdelen 1 en 3 van de start van de sit-to-stand veel groter dan de afwijking tussen de MoveTest en de Optitrack (0,41s en 0,29s, respectievelijk). De detectiemethode is daarom wel valide, maar niet erg sensitief. De SDD van de startmomenten bij protocolonderdeel 4 is groter dan de afwijking (SDD=0,14s; afwijking=0,19s). De parameter startmomenten van de sit-to-stand wordt daarom als valide beschouwd, behalve voor protocolonderdeel 4.
Van de stopmomenten van de sit-to-stand is alleen de gemeten afwijking bij protocolonderdeel 6 (0,04s ± 0,15s) kleiner dan de SDD (0,02s), maar deze afwijking is zo klein, dat hij toch als valide wordt beschouwd. Voor protocolonderdeel 4 is de MoveTest het minst sensitief (SDD = 0,23), maar omdat de afwijking kleiner is dan de SDD, wordt hij wel als valide beschouwd. Ook is de sensitiviteit van dit protocolonderdeel minder belangrijk, omdat het een langzaam uitgevoerd protocolonderdeel betreft. De procentuele afwijking is dan ook laag (4,01% ± 11,24%).
De MoveTest analyse is voor de startmomenten van de stand-to-sit ook redelijk sensitief (SDD<0,26). De hogere SDD waardes komen alleen bij de langzamere uitvoeringssnelheden voor, waarbij een kleine tijdsverschuiving minder relevant is, omdat het slechts een klein percentage is van de stand-to-sit tijd. De gemeten afwijking is voor de hoge uitvoeringssnelheden groter dan de SDD, maar ook hier zijn de verschillen tussen de SDD en de afwijking zodanig klein (0,02s en 0,04s) dat de parameter startmomenten van de stand-to-sit voor alle protocolonderdelen als valide wordt beschouwd.
De stopmomenten van de stand-to-sit bepaald door de MoveTest wijken voor protocolonderdeel 3 en 6 erg af van de Optitrack, met een procentuele afwijking van 14,88% ± 57,08% en 13,95% ± 71,01%, respectievelijk. Ook is de SDD erg hoog, met 0,41s voor protocolonderdeel 3 en 3,65s voor protocolonderdeel 6. De SDD van protocolonderdeel 2 en 4 zijn ook aan de hoge kant (0,21s en 0,22s, respectievelijk), maar dit is minder relevant, omdat de uitvoeringssnelheid bij deze protocolonderdelen lager ligt. De SDD van protocolonderdeel 5 ligt lager dan de afwijking, maar ook hier geldt dat het verschil zo klein is (0,02s), dat deze parameter voor dit protocolonderdeel toch als valide wordt beschouwd. Alleen de protocolonderdelen 1, 2, 4 en 5 kunnen als valide worden beschouwd.
De waargenomen verschillen in de startmomenten van een transitie komen deels doordat McRoberts een andere definitie hanteert voor de start van een sit-to-stand transitie. In de McRoberts dataverwerking wordt ervan uitgegaan dat de romphoek een bepaalde grenswaarde moet overschrijden voordat een beweging als de start van een sit-to-stand transitie wordt gezien. In de Optitrack dataverwerking is uitgegaan van een begin en einde van een transitie bij een romphoeksnelheid van 0 graden/s, zoals beschreven door Schenkman et al. (15) en Lecours et al. (16).

4.5 Signaal romphoek en verticale snelheid

Op signaalniveau is de Root Mean Square Error als percentage van het totale bereik van de Optitrack (%RMSE) voor zowel het romphoek signaal als voor het verticale snelheid signaal voor elk protocolonderdeel gemiddeld lager dan 10% (tabel 10). Van de parameters '%RMSE romphoek' en '%RMSE verticale snelheid' wordt daarom geconcludeerd dat ze valide zijn.
Wel is de %RMSE van de romphoek hoger dan de %RMSE van de verticale snelheid. De reden hiervoor kan zijn dat variatie van de sit-to-stand techniek door de proefpersoon tijdens het protocolonderdeel het meest impact heeft op het romphoeksignaal. In de berekening van het romphoeksignaal door de MoveTest wordt de hoogte van het eind van het signaal gelijk getrokken met de hoogte aan het begin van het signaal. Als de romphoek geleidelijk groter of kleiner wordt gedurende een STS test, is dit niet meer zichtbaar. In het Optitrack signaal is te zien dat dit geleidelijk veranderen van de romphoek gedurende een STS test ook plaatsvindt zonder dat er een integratiebewerking wordt uitgevoerd. In het verticale snelheid signaal zijn deze variaties niet zichtbaar, omdat het signaal van nature rond de 0-lijn beweegt.

4.6 Reflectie overige verwachtingen

Zijlstra et al. (7) concludeerden dat de STS test parameters valide waren, behalve de tijdsduur van het opstaan. In dit onderzoek is geconcludeerd dat deze parameter wel valide is, kijken naar het verschil dat de MoveTest minimaal zou moeten kunnen meten. De gevonden correlatie coëfficiënten komen wel overeen met de ICC-waardes die Zijlstra et al. rapporteerden. In het protocol van Zijlstra et al. mochten de proefpersonen zelf de snelheid kiezen waarmee ze op wilden staan (ICC opsta tijd < 0,75). In dit onderzoek is de ICC voor de STS test op een zelfgekozen comfortabele snelheid ook kleiner dan 0,75 (0.67 < r < 0.74). Desalniettemin is op basis van de SDD en de afwijking geconcludeerd dat alleen voor protocolonderdeel 4 de opsta tijd niet valide is (Hst4.3, tijdsduur transities).
Tussen de 5x STS testen en de 30sec STS testen zitten erg weinig verschillen. Alleen bij de stopmomenten van de stand-to-sit (tabel 9) zijn er constante verschillen zichtbaar (-0,09s onderdeel 1-4; -1,2s onderdeel 2-5; -0,5s onderdeel 3-6). Dat betekent dat de MoveTest de stopmomenten van de stand-to-sit bij een 5x STS protocol later meet dan bij een 30sec STS protocol. De verschillen kunnen helaas niet verklaard worden.

4.7 Beperkingen en aanbevelingen

Er hebben aan dit onderzoek alleen gezonde mensen deelgenomen. Om definitief vast te kunnen stellen of de MoveTest valide is, moet er ouderen worden betrokken in het onderzoek. De MoveTest wordt namelijk vooral bij ouderen gebruikt en van ouderen is bekend dat de spiermassa met 1-2% achteruit gaat per jaar vanaf een leeftijd van vijftig jaar (26). Omdat de sit-to-stand beweging vanuit een mechanisch oogpunt één van de meest uitdagende activiteiten is in het dagelijks leven (27), wordt er verwacht dat er verandering optreedt in het sit-to-stand bewegingspatroon bij veroudering. Daarom wordt er aanbevolen om de MoveTest te valideren met ouderen.
Daarnaast kan er een onnauwkeurigheid in de berekening van de romphoek door de Optitrack zitten. De Optitrack posities van de clustermarker worden omgerekend naar hoeken door de hoekverdraaing in alle frames ten opzichte van een referentieframe te berekenen. Als de proefpersoon naar een zijkant leunt op het moment van het referentieframe, wordt de werkelijke romphoek tijdens de rest van de meting over zowel de ventrale as als de longitudinale as verdeeld. In de praktijk zal dit altijd gebeuren, maar het is onbekend in welke mate dit gebeurd is. Er wordt aanbevolen om te onderzoeken of er een mogelijkheid is om de posities nauwkeuriger om te rekenen naar hoeken.

5. Conclusie

Is dit onderzoek zijn overeenkomsten gevonden tussen de STS test parameters van de MoveTest en de Optitrack parameter analyse. Het totaal aantal gemeten sit-to-stand uitvoeringen is niet als valide beschouwd. De totale tijd is alleen voor protocolonderdeel 2 als valide beschouwd. De parameter 'sit-to-stand' tijdsduur, welke aanvankelijk niet valide werd verwacht, wordt als valide beschouwd voor de meeste protocolonderdelen. Alleen voor protocolonderdeel 4 kan in dit onderzoek niet worden geconcludeerd dat de sit-to-stand tijd valide is. De stand-to-sit tijdsduur wordt voor de protocolonderdelen 2, 3, 4 en 5 als valide beschouwd.
De startmomenten van de sit-to-stand worden als valide beschouwd, behalve voor protocolonderdeel 4. De stopmomenten van de sit-to-stand en de startmomenten van de stand-to-sit worden voor alle protocolonderdelen als valide beschouwd. Van de stopmomenten van de stand-to-sit worden alleen de protocolonderdelen 1, 2, 4 en 5 als valide beschouwd. De parameters 'romphoek' en 'verticale snelheid' worden ook als valide beschouwd. Tenslotte is er alleen voor de parameter 'stopmomenten stand-to-sit' een verschil gevonden tussen de 5x STS test en de 30sec STS test.

Literatuurlijst

1. Pua Y-H, Thumboo J, Clark RA. Correspondence: Time-based versus repetition-based sit-to-stand measures: choice of metrics matters. J Physiother. 2018;
2. Paul SS, Canning CG. Five-repetition sit-to-stand. J Physiother. 2014;60(3):168.
3. Van Lummel RC, Walgaard S, Maier AB, Ainsworth E, Beek PJ, Van Dieën JH. The instrumented sit-to-stand test (iSTS) has greater clinical relevance than the manually recorded sit-to-stand test in older adults. Bayer A, editor. PLoS One. 2016 Jul 8;11(7):e0157968.
4. Van Hees VT, Slootmaker SM, De Groot G, Van Mechelen W, Van Lummel RC. Reproducibility of a triaxial seismic accelerometer (DynaPort). Med Sci Sports Exerc. 2009;41(4):810–7.
5. Bohannon RW, Bubela DJ, Magasi SR, Wang Y-C, Gershon RC. Sit-to-stand test: Performance and determinants across the age-span. Isokinet Exerc Sci. 2010;18(4):235–40.
6. McCarthy EK, Horvat MA, Holtsberg PA, Wisenbaker JM. Repeated chair stands as a measure of lower limb strength in sexagenarian women. journals Gerontol Ser A, Biol Sci Med Sci. 2004;59(11):1207–12.
7. Zijlstra A, Mancini M, Lindemann U, Chiari L, Zijlstra W. Sit-stand and stand-sit transitions in older adults and patients with Parkinson's disease: event detection based on motion sensors versus force plates. J Neuroeng Rehabil. 2012;9(1):1.
8. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. Statistical power analyses using G * Power 3 . 1 : Tests for correlation and regression analyses. Behav Res Methods. 2009;41(4):1149–60.
9. Dubois A, Bresciani J-P. Validation of an ambient system for the measurement of gait parameters. J Biomech. 2018;69:175–80.
10. Morita AA, Bisca GW, Machado FVC, Hernandes NA, Pitta F, Probst VS. Best protocol for the sit-to-stand test in subjects with COPD. Respir Care. 2018;63(8):1040–9.
11. Pai Y-C, Rogers MW. Control of body mass transfer as a function of speed of ascent in sit-to-stand. Med Sci Sports Exerc. 1990;22(3):378–84.
12. Urbaniak GC, Plous S. Research randomizer [Internet]. 2013. Available from: http://www.randomizer.org/
13. Sadeghi M, Andani ME, Bahrami F, Parnianpour M. Trajectory of human movement during sit to stand: A new modeling approach based on movement decomposition and multi-phase cost function. Exp Brain Res. 2013;229(2):221–34.
14. Millington, P.J.; Myklebust, B.M.; Shambes GM. Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. Arch Phys Med Rehabil. 1992;73(7):609–17.
15. Schenkman M, Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA. Whole-body movements during rising to standing from sitting. Phys Ther. 1990;70(10):638–48.
16. Lecours J, Nadeau S, Gravel D, Teixera-Salmela L. Interactions between foot placement, trunk frontal position, weight-bearing and knee moment asymmetry at seat-off during rising from a chair in healthy controls and persons with hemiparesis. J Rehabil Med. 2008;40(3):200–7.
17. Jeng S, Schenkman M, Riley PO, Lin S. Reliability of a clinical kinematic assessment of the sit-to-stand movement. Phys Ther. 1990;70(8):511–20.
18. Abdolrahmani A, Yonetsu R. Coordination between trunk and ankle during sit-to-stand task in healthy young subjects. J Rehabil Heal Sci. 2015;13:1–5.
19. Hripcsak G, Rothschild AS. Agreement , the F-Measure , and Reliability in Information Retrieval. J Am Med Informatics Assoc. 2005;12:296–8.
20. Burdock EI, Fleiss JL, Hardesty AS. A NEW VIEW OF INTER-OBSERVER AGREEMENT. Pers Psychol. 1963;16(4):373–384.
21. Lassere M, Boers M, Heijde D Van Der, Boonen A, Edmonds J, Saudan A, et al. Smallest Detectable Difference in Radiological Progression. J Rheumatol. 1999;26(3):731–9.
22. Bland JM, Altman DG. STATISTICAL METHODS FOR ASSESSING AGREEMENT BETWEEN TWO METHODS OF CLINICAL MEASUREMENT. Lancet. 1986;307–10.
23. Walgaard S, Faber GS, Lummel RC Van, Dieën JH Van. The validity of assessing temporal

events , sub-phases and trunk kinematics of the sit-to-walk movement in older adults using a single inertial sensor. J Biomech. 2016;1–5.
24. Jones SE, Konn SS, Canavan JL, Patel MS, Clark AL, Nolan CM, et al. The five-repetition sit-to-stand test as a functional outcome measure in COPD. Thorax. 2013;68(11):1015–20.
25. Zanini A, Aiello M, Cherubino F, Zampogna E, Azzola A, Chetta A, et al. The one repetition maximum test and the sit-to-stand test in the assessment of a specific pulmonary rehabilitation program on peripheral muscle strength in COPD patients. Vol. 10, International Journal of COPD. 2015. p. 2423–30.
26. Buford TW, Anton SD, Judge AR, Marzetti E, Wohlgemuth SE, Carter CS, et al. Models of Accelerated Sarcopenia: Critical Pieces for Solving the Puzzle of Age-Related Muscle Atrophy. Ageing Res Rev. 2010;9(4):369–83.
27. Riley PO, Schenkman ML, Mann RW, Hodge WA. Mechanics of a constrained chair-rise. J Biomech. 1991;24(1):77–85.
28. Leardini A, Berti L, Begon M, Allard P. Effect of trunk sagittal attitude on shoulder, thorax and pelvis three-dimensional kinematics in able-bodied subjects during gait. PLoS One. 2013;8(10):1–7.
29. Armand S, Sangeux R, Baker R. Optimal markers' placement on the thorax for clinical gait analysis. Gait Posture. 2014;39(1):147–53.
30. Duc C, Salvia P, Lubansu A, Feipel V, Aminian K. A wearable inertial system to assess the cervical spine mobility: Comparison with an optoelectronic-based motion capture evaluation. Med Eng Phys. 2014;36(1):49–56.

Bijlage 1: Projectplan

Datum: 29-6-2018
Naam: Sietze de Haan
Studentnummer: 14056615
e-mail: 14056615@student.hhs.nl

Studievoortgang
Behaalde studiepunten in de modules 9 t/m 11 *(max 36)*: 36
Minor afgerond (j/n): j, Pre-master Bewegingswetenschappen
Stage 2 afgerond (j/n): j
Totaal aantal behaalde vrije STPs: Pre-master Bewegingswetenschappen
Openstaande toetsen (+ module): geen.

1. Onderwerp (voorlopige titel): Validatie sit-to-stand test parameters, berekend door Dynaport MT

Werkveld: Revalidatie
Beroepsrol: Analist / onderzoeker
Extern project (J/N): j
Naam opdrachtgever/bedrijf/ECBT: McRoberts
Contactpersoon (naam en mailadres): Bas Huijben, b.huijben@mcroberts.nl

2. Inleiding

In klinische omgevingen worden testen bij patiënten uitgevoerd om de fysieke prestaties in kaart te brengen (1). Deze testen worden vaak handmatig gemeten, waarbij de benodigde tijd voor de oefening wordt getimed met een stopwatch en het aantal uitgevoerde herhalingen met pen en papier wordt bijgehouden (2). Bij het handmatig meten kan de onderzoeker meetfouten maken. Door testen te instrumenteren, kunnen meetfouten worden gereduceerd en kan er meer inzicht worden verkregen in de uitgevoerde bewegingen (3). McRoberts is een bedrijf dat een meetinstrument, de 'Dynaport MT', heeft ontworpen om deze veel gebruikte klinische testen te instrumenteren en de data digitaal te verwerken. De Dynaport MT is een apparaat dat met een elastische band op de onderrug wordt bevestigd. Het bevat een 3-assige acccelerometer, 3-assige gyroscoop en 3-assige magnetometer. Van Hees et al. (4) hebben geconcludeerd dat de accelerometer in de Dynaport MT betrouwbaar rechtlijnige versnellingen meet.

Op dit moment heeft de Dynaport MT 8 fysieke prestatie testen geïnstrumenteerd, namelijk de sit-to-stand test (STS test), Gait test, Sway test, Timed Up & Go test, Short Physical Performance Battery, Six Minute Walk test, stair test en Glittre ADL test. Met elk van deze testen kunnen andere combinaties van fysieke vaardigheden worden gemeten. De Dynaport MT berekent uit de gemeten versnellingen parameters die maat geven aan de fysieke prestatie van de patiënt. Therapeuten die de Dynaport MT voor patiënten gebruiken willen zeker weten dat de parameters die berekend worden ook daadwerkelijk valide zijn. Om zeker te weten dat de Dynaport MT de parameters op een goede manier berekend, is er validiteitsonderzoek nodig. Dit onderzoek zal zich focussen op het valideren van parameters van de sit-to-stand test.

De STS test is een veel gebruikte test om de sterkte van de onderste extremiteit van patiënten te meten (5). Bij een STS test wordt de patiënt gevraagd om vanuit een zittende positie te gaan staan en vervolgens weer te gaan zitten. Deze beweging wordt enkele malen herhaald. Door de

instrumentatie van de STS test kan de beweging worden opgesplitst in verschillende fases, waarbij de fases los van elkaar kunnen worden onderzocht. Op die manier kunnen er naast de totale duur van de STS test ook andere waardevolle parameters worden berekend, zoals de tijd van de sit-to-stand transitie en de tijd van de stand-to-sit transitie. Deze parameters geven meer inzicht in de sit-to-stand beweging, waarmee het moeilijk uit kunnen voeren van de beweging beter verklaard kan worden.

Op dit moment is de sit-to-stand tijd alleen gevalideerd bij oudere personen en Parkinson patiënten (7). Volgens Zijlstra et al. (7) is de overeenkomst tussen sit-to-stand en stand-to-sit parameter detectie met krachtenplatformen (onder de stoel en de voeten) en de DynaPort Hybrid goed (ICC ≥ 0.75), behalve voor de parameter 'opsta tijd' bij Parkinson patiënten (ICC = 0.61). Helaas is het protocol dat Zijlstra et al. gebruikt hebben (opstaan, 3-5 seconden wachten en vervolgens pas gaan zitten) niet te vergelijken met de protocollen die het meest worden gebruikt, i.e. 5 keer herhalend opstaan in een zo kort mogelijke tijd en zo veel mogelijk herhalend opstaan in 30 seconden. (2). Ook zijn de parameters verticale snelheid en romphoek in het onderzoek van Zijlstra niet onderzocht.

Bij het gebruik van de STS test worden twee typen testen uitgevoerd: Gebaseerd op een vast aantal herhalingen waarbij de tijd wordt gemeten (time-based), en gebaseerd op een vaste tijd waarbij de herhalingen worden gemeten (repetition-based) (1). Omdat bij het gebruik van een ander protocol mogelijk de uitvoering van de sit-to-stand beweging anders wordt, is het belangrijk dat de Dynaport MT zowel time-based als repetition-based valide is. De onderzoeksvraag luidt daarom: Zijn de sit-to-stand test parameters, berekend door de Dynaport MT, bij zowel een time-based meting als een repetition-based meting valide? De hypothese is dat de berekening van alle sit-to-stand parameters bij zowel een time-based meting als een repetition-based meting valide zijn, behalve de opsta tijd. De opsta tijd wordt niet valide verwacht, omdat de parameter opsta tijd in het onderzoek van Zijlstra et al. een lage ICC-waarde had.

3. Methode

Proefpersonen
Voor de uitvoering van dit onderzoek worden 34 proefpersonen geincludeerd. Inclusiecriterium is een leeftijd tussen de achttien en dertig jaar. Exclusiecriteria zijn een BMI hoger dan 35 kg/m^2, hartproblematiek, niet in staat tot vijf minuten aaneengesloten staan of lopen, pijn op de borst of kortademigheid bij tien minuten matig/intensieve sport, hartstilstand en/of bypassoperatie minder dan zes maanden geleden, herseninfarct of hersenbloeding minder dan zes maanden geleden, meer dan één keer per week duizelig, meer dan één keer flauwgevallen in de laatste zes maanden en het gebruik van slaappillen, antidepressiva of bètablokkers in de afgelopen week.

Opzet
Om de Dynaport MT te valideren, moeten er een aantal parameters worden gekozen. Hiervoor worden parameters gekozen die de basis vormen van de gïnstrumenteerde STS test en elk een heel andere berekening vereisen. De volgende tien parameters van Dynaport MT worden gevalideerd: de totale tijd van de oefening, het totaal aantal sit-to-stand uitvoeringen, de tijdsduur van de sit-to-stand transitie, de tijdsduur van de stand-to-sit transitie, de verticale snelheid, de romphoek, de start en het einde van de sit-to-stand transitie en de start en het einde van de stand-to-sit transitie. De parameter 'totale tijd' is alleen voor een repetition-based meting van belang en de parameter 'totaal aantal sit-to-stand uitvoeringen' is alleen voor een time-based meting van belang. De overige acht parameters zijn voor beide oefeningen van belang.

De parameters worden vergeleken met een gouden standaard. Optitrack (NaturalPoint Inc., USA) wordt gekozen als gouden standaard om de parameters te valideren (9). De proefpersonen worden

met beide meetsystemen, Optitrack en de Dynaport MT, tegelijk gemeten. Ook zullen de oefeningen worden gefilmd met een camera ter ondersteuning van de Optitrack en de Dynaport MT.

Uit onderzoek blijkt dat de 5-herhalingen test en de 30-seconden test vaak worden gebruikt (10). Bij de 5-herhalingen oefening wordt de proefpersoon gevraagd om vijf keer te gaan staan en weer te gaan zitten en wordt de tijd bijgehouden. Bij de 30-seconden test wordt de proefpersoon gevraagd om gedurende 30 seconden te gaan staan en weer te gaan zitten en wordt het aantal sit-to-stand herhalingen bijgehouden. De testen zullen ook op verschillende snelheden worden uitgevoerd, omdat de snelheid van de uitvoering voor veranderingen in de sit-to-stand techniek kan zorgen (11). Elke test zal op langzame snelheid, een zelfgekozen snelheid en op maximale snelheid worden uitgevoerd. Elke proefpersoon zal dus in totaal zes oefeningen uitvoeren.
Alle oefeningen worden met de armen gekruist voor het bovenlichaam uitgevoerd. In welke volgorde de oefeningen worden uitgevoerd, wordt aan de hand van een door software willekeurig gekozen volgorde bepaald (12). Door het gerandomiseerd afnemen van de oefeningen, kan een mogelijk effect van de voorgaande oefening op een volgende oefening verminderd worden.

Voorbereiding
Voordat de proefpersonen aanwezig zijn, wordt de optitrack gekalibreerd (Meetprotocol, bijlage 1). Vervolgens wordt binnen de optitrack meetruimte een kruk met een zittinghoogte van 43-47 cm hoog geplaatst (2). Normaliter wordt hiervoor een stoel met rugleuning gebruikt, maar dit is in dit geval niet mogelijk in verband met de plaatsing van optitrack markers op de rug. Bij aanvang van de proefpersoon wordt het gewicht en de lengte bepaald en wordt de proefpersoon gevraagd om het persoonlijke gegevens formulier in te vullen (Persoonlijke gegevens, bijlage 2). Ook wordt de proefpersoon gevraagd om een formulier te ondertekenen waarin beschreven staat hoe er met de gemeten gegevens om wordt gegaan. Dit formulier wordt van tevoren toegestuurd zodat de proefpersoon dit door kan lezen. Daarna wordt de proefpersoon ingelicht over de oefeningen die uitgevoerd moeten worden, alvorens de markers en de Dynaport MT worden geplaatst.
Er wordt een Optitrack clustermarker op de Dynaport MT geplaatst. In diverse onderzoeken wordt ervoor gekozen om geen clustermarkers op hoger gelegen delen van de rug te plaatsen (28–30). Tijdens de pilot metingen zal er daarom worden geëxperimenteerd met het plaasten van markers op de rug.

Uitvoering
De Dynaport MT met de daarop bevestigde clustermarker wordt eerst in het zicht van de camera drie keer snel heen en weer geschud om deze systemen met elkaar te synchroniseren. Een meer uitgebreide beschrijving van de handelingen staat in het meetprotocol (Meetprotocol, bijlage 1). Vervolgens wordt de Dynaport MT aan de proefpersoon bevestigd. Na de metingen wordt de Dynaport MT losgemaakt en nogmaals geschud ter controle. Na de uitvoering van een oefening mag de proefpersoon rust nemen.

Verwerking
Voor de data-analyse wordt gebruik gemaakt van MatLab r2014a (MathWorks, USA). Er zal een programma worden geschreven waarmee alle Optitrack signalen en tijdstippen worden omgerekend naar de beschreven parameters. De Dynaport MT signalen worden door McRoberts omgerekend.
De hoek van de romp met de verticale as komt gelijk voort uit de drie-dimensionale positie van de clustermarker. De verticale snelheid kan met de oriëntatie van de marker en éénmaal differentiëren bepaald worden. De tijdparameters en het totaal aantal sit-to-stand uitvoeringen worden aan de hand van vier markeerpunten in het signaal bepaald. Het eerste markeerpunt is het moment dat de romp voorover gaat buigen, ofwel het begin van de sit-to-stand beweging. Het tweede markeerpunt is het moment waarop de proefpersoon de maximale hoogte, de stahoogte, bereikt. Het derde markeerpunt is het moment waarop de proefpersoon zijn romp beweegt om vanuit staande positie weer te gaan zitten. Het vierde markeerpunt is het moment waarop de proefpersoon met de romp

de meest achterste positie ten opzichte van de stoel heeft ingenomen. Als het niet mogelijk is om met Optitrack de juiste tijdstippen te bepalen, zal er een combinatie van Optitrack signalen en camerabeelden worden gebruikt.

Statistiek

Voor de statistische verwerking wordt ook gebruik gemaakt van MatLab. Er wordt uitgegaan van een betrouwbaarheid van 95% ($P<0.05$). Voor de parameters romphoek en verticale snelheid worden de RMSE en %RMSE bepaald. De parameters zijn valide voor RMSE<10%. Voor de parameters totale tijd, totaal aantal sit-to-stand bewegingen, tijdsduur sit-to-stand transitie en tijdsduur stand-to-sit transitie wordt de ICC bepaald en een gepaarde t-toets gedaan. Deze parameters zijn valide als $P>0.05$ en $ICC>0.8$. Er worden Bland-Altman plots gemaakt om systematische fouten te detecteren. Voor de start en het einde van de sit-to-stand transitie en de start en het einde van de stand-to-sit transitie wordt alleen een one-sample t-toets gedaan, waarbij een timingverschuiving tussen de beide meetsystemen op specifieke momenten wordt onderzocht. Ook hiervan worden Bland-Altman plots gemaakt.

Bijlage 2: Persoonlijke leerdoelen

1. Ik wil met minstens 2 (voor mij onbekende) meetsystemen leren werken.

Ik vind het leuk om met verschillende meetsystemen te leren werken en te weten wat je met meetsystemen kan. Bij de stages heb ik met kinectsensoren en video-analyse gewerkt, maar ik zou graag met meer geavanceerdere meetsystemen leren werken.

Evaluatie leerdoel:

De MoveTest en de Optitrack heb ik tijdens het afstuderen leren kennen. Zowel van het meetsysteem MoveTest als Optitrack heb ik de data uitgelezen en signalen bewerkt. Zonder twijfel is dit leerdoel behaald.

2. Ik ga op een plek afstuderen waar ik niet de enige BT'er ben en ik ga met de andere BT'ers in gesprek over het werkende leven als BT'er.

De vorige 2 stages waren bij revalidatiecentra waar geen BT'ers werkten. Daardoor heb ik het gevoel gehad dat ik telkens een 'studentenbaan' heb gehad. Ik wil graag bij een oranisatie afstuderen waar veel andere BT'ers werken, zodat ik weet hoe het werkende leven als BT'er eruit kan zien.

Evaluatie leerdoel:

Bij McRoberts werken veel andere BT'ers. Ik heb gezien dat het werk dat ik tijdens deze afstudeeropdracht heb gedaan, veel lijkt op de taken die de werkende BT'ers uitvoeren. Vooral het schrijven van scripts om data goed te bewerken is iets wat ik bij de anderen ook gezien heb. Als ik hier zou gaan werken, weet ik hoe mijn takenpakket eruit zou zien. Daarom kan ik zeggen dat ik dit leerdoel behaald heb.

3. Ik besteed minstens 2 weken aan het werken met een programmeertaal om beter te leren programmeren.

Programmeren vind ik leuk en ik zou hier graag beter in willen worden. Bij de vorige 2 stages heb ik dit aangegeven, maar het is beide keren niet gelukt om een opdracht te vinden waarbij programmeren aan bod kwam. Bij het afstuderen wil ik dat een deel van de opdracht uitgevoerd moet worden met behulp van een programmeertaal.

Evaluatie leerdoel:

Ook dit leerdoel is zeker behaald. Ik heb zowel de data-analyse als de statistiek met Matlab gedaan. Hiermee heb ik geleerd welke bestaande functies ik in kan zetten voor data-analyse, hoe je goed gebruik maakt van zelfgeschreven functies en hoe je de code zo leesbaar maakt dat een andere student die onbekend is met mijn opdracht de code kan lezen.

Bijlage 3: Meetprotocol

Benodigdheden:

- Optitrack + markers + camera's + kalibratieframe + kalibratiestok
- Dubbelzijdig tape
- Aangepaste stoel
- Ducttape
- Kruk met ronddraaiend zitvlak
- Laptop met de McRoberts software.
- MoveTest + USB-kabel
- USB-stick
- Formulier 'persoonlijke gegevens' en formulier 'informed consent'
- pennen

Bij de start van de meetdag:

1. Kalibreer optitrack en neem de stoel met verhoogde leuning en een zitting van 43-47cm hoogte. Positioneer het kalibratieframe met de positieve x-as in de kijkrichting van de proefpersoon en de positieve z-as naar rechts ten opzichte van kijkrichting van de proefpersoon. Kies een camera in optitrack die als referentie-camera kan functioneren. Deze camera moet gericht zijn op het sagittale vlak van de proefpersoon. Test van tevoren of de stoel goed in het beeld van de referentiecamera staat.
2. Start de laptop op met de McRoberts software.
3. Plaats een optitrack clustermarker op de Dynaport.
4. Fixeer de sit-to-stand stoel. Plaats de synchronisatiekruk een halve meter naast de sit-to-stand stoel. Zorg ervoor dat deze ten opzichte van de referentiecamera aan de achterkant van de proefpersoon staat.

Bij de komst van elke nieuwe proefpersoon:

5. Formatteer de MoveTest. Koppel de MoveTest kabel los en koppel het apparaat met de McRoberts software.
6. Stel de randominzer in.
7. Praatje bij de komst van proefpersoon:
    a. Kort iets vertellen over de afstudeeropdracht. Geef geen informatie weg over de parameters die onderzocht worden. Hiermee kan de proefpersoon de meting beïnvloeden.
    b. Vertel waar de formulieren 'informed consent' en 'persoonlijke gegevens' voor worden gebruikt.
8. Laat de proefpersoon de 'informed consent' ondertekenen en het formulier met persoonlijke gegevens invullen en ondertekenen
9. Bepaal de lengte en het gewicht van de proefpersoon. Vraag de proefpersoon om de schoenen uit de doen, broekzakken te legen, riem of sieraden af te doen en of de proefpersoon, in het geval van losse bovenkleding, die uit wil doen. Dit in verband met kleding die de Optitrack marker kan verbergen voor de camera's.
10. Praatje met alle instructies voor het kunnen uitvoeren van de meting:
    a. Voordoen hoe een sit-to-stand uitgevoerd moet worden.
    b. Uitleggen wat er bij de zes verschillende testjes verwacht wordt.
    c. Vertellen dat de apparaten eerst met elkaar worden gesynchroniseerd, dat de Dynaport dan wordt omgedaan, en er achteraf opnieuw wordt gesynchroniseerd.
    d. Het is belangrijk dat er tijdens het uitvoeren van de metingen geen onnodige dingen worden gezegd.

11. Maak in de McRoberts software een nieuwe proefpesoon aan. Vul bij ‘subject’ [proefpersoonnummer] in en bij ‘visit’ [meting 1], of [meting 2] indien er iets fout is gegaan.
12. Start Optitrack en de Dynaport.
13. Leg de Dynaport met de clustermarker op de kruk en draai deze drie keer 180 graden linksom en rechtsom ten behoeve van de synchronisatie. Bevestig de Dynaport vervolgens op de proefpersoon. De Dynaport is goed geplaats als de letters ‘McRoberts’ rechtop staan.
14. Geef de proefpersoon de volgende instructies:
    a. Voer de volgende oefening uit met de handen gekruisd voor je borst. Tussen de oefeningen door krijg je rust. Als je klaar bent voor de volgende oefening mag je dat zelf aangeven. Bij de 30s STS zal ik zeggen wanneer de dertig seconden voorbij zijn. Dan mag je je STS beweging afmaken en vervolgens blijven zitten.
    b. De uit-te-voeren oefeningen (in willekeurige volgorde) zijn:
        - 5x STS langzaam
        - 5x STS zelf gekozen comfortabele snelheid
        - 5x STS zo snel mogelijk
        - 30s STS langzaam
        - 30s STS zelf gekozen comfortabele snelheid
        - 30s STS zo snel mogelijk
15. Let zelf op de volgende dingen:
    a. Stop een 5x STS meting als de persoon voor de vijfde keer zit. De 30s STS meting stopt vanzelf na dertig seconden. Laat de proefpersoon weten dat de dertig seconden voorbij zijn en instrueer dat hij/zij mag gaan zitten.
    b. Let erop dat er geen onnodige dingen tegen de proefpersoon worden gezegd tijdens de metingen. De proefpersoon mag niet worden afgeleid.
    c. Tel tijdens de 5x STS in het hoofd mee en geef aan wanneer de laatste twee STS’s worden uitgevoerd, zodat er precies vijf sit-to-stands worden uitgevoerd.
16. Haal de Dynaport los als alle metingen gedaan zijn en draai deze nogmaals drie keer 180 graden linksom en rechtsom op de kruk ter controle van de synchronisatie.
17. Stop Optitrack en de Dynaport.

Controleer of de metingen gelukt zijn voordat de proefpersoon vertrekt. Kijk in het Optitrack signaal of er geen gaps groter dan tien samples zijn.

Bijlage 4: Persoonlijke gegevens

Deelnemer ID _____
Naam deelnemer _____
Emailaders _____
Telefoonnummer _____
Geslacht _____
Datum afname _____
Geboortedatum _____
Gewicht _____
Lengte _____

Exclusie indien ja (tenzij anders aangegeven)

	Vraag	Nee	Ja	Aanvullende info
1	Heeft u hartproblemen (bijvoorbeeld hartkloppingen, hartruis, kortademig) waarvoor u afgelopen jaar een cardioloog heeft bezocht (indien ja, waarvoor)?			Zo ja, waarvoor:
2	Heeft u afgelopen jaar u been gebroken? (exclusie als <6 maanden geleden of nog niet hersteld van een breuk in het afgelopen jaar)			Zo ja, wanneer:
3	Heeft u afgelopen jaar uw knie- of enkelbanden gescheurd(exclusie als <6 maanden geleden of nog niet volledig in het afgelopen jaar)?			Zo ja, wanneer:
4	Heeft u **afgelopen week** ernstige pijn gehad in uw knieën, heupen of beenspieren, bijvoorbeeld door een blessure, val, zwelling, verstuiking?			
5	Heeft u moeite om 5 minuten aaneengesloten rechtop te staan?			
6	Heeft u moeite om 5 minuten aaneengesloten te lopen zonder te rusten (zonder hulploopmiddel)?			
7	Heeft u wel eens pijn op de borst of last van kortademigheid wanneer u 10 minuten matig intensief loopt of sport?			
8	Heeft u ooit een hartstilstand en/of een bypass-operatie gehad? *(exclusie als < 6 maanden geleden)*			Zo ja, wanneer:
9	Heeft u ooit een herseninfarct of hersenbloeding gehad?			
10	Bent u regelmatig duizelig? *(exclusie meer dan 1 keer per week)*			Zo ja, hoe vaak:
11	Bent u afgelopen 6 maanden wel eens flauwgevallen? (exclusie als dit > 1)			Zo ja, hoe vaak:
12	Heeft u afgelopen week slaappillen gebruikt?			
13	Heeft u afgelopen week antidepressiva gebruikt?			
14	Heeft u afgelopen week bètablokkers gebruikt?			

Handtekening:

_____

Bijlage 5: Informed consent

Toestemmingsformulier gegevensverwerkingen McRoberts BV

Met dit formulier geef ik McRoberts BV toestemming om gegevens over mij te verwerken. Het kan gaan om gegevens over mij die door McRoberts BV worden geregistreerd of gegevens over mij die door McRoberts BV worden verstrekt aan anderen.

Hieronder kruis ik voor welke gegevensverwerkingen ik toestemming geef.

Ik geef toestemming onder deze voorwaarden en voor deze verwerkingen:

	Mijn toestemming geldt alleen voor de in dit document beschreven redenen, gegevens en personen / instellingen. Voor nieuwe gegevensverwerkingen vraagt McRoberts BV mij opnieuw om toestemming of worden mijn gegevens geanonimiseerd zodat ze niet meer naar mij als persoon herleidbaar zijn.
	McRoberts BV informeert mij over de gegevens die over mij worden uitgewisseld en de gegevens die over mij worden geregistreerd. Dat betekent bijvoorbeeld dat McRoberts BV mij uitlegt om welke specifieke gegevens het gaat en waarom deze gegevens noodzakelijk zijn om mij te kunnen helpen.
	De gegevens betreffen de meetdata vanuit de apparatuur van McRoberts, die door de onderzoeker/contactpersoon of mijzelf is geüpload naar de MyMcRoberts website voor verwerking naar rapportages. Hierop is de Wet op de geneeskundige behandelovereenkomst (WGBO) tussen mijzelf en de onderzoeker/contactpersoon van toepassing. Deze onderzoekers/contactpersonen zijn het eerste aanspreekpunt voor mij wanneer ik vragen heb over de verwerking van mijn gegevens.
	De verzamelde gegevens worden gebruikt om de bewegingsanalyses van McRoberts te valideren. Uit deze gegevens worden analyses uitgevoerd over mijn bewegingspatroon en worden rapportages gemaakt om deze patronen inzichtelijk te maken..
	Verder kunnen mijn gegevens gebruikt worden om huidige/nieuwe bewegingsgerichte producten van McRoberts B.V. te verbeteren/ontwikkelen. Mijn gegevens kunnen mogelijk ook fungeren als referentiewaarden om andere patiënten/gebruikers inzicht te geven in hoe hun activiteiten zich verhouden tot andere personen binnen hun doelgroep.
	In geval van een onderzoeksproject waaraan ik vrijwillig deelneem zullen de gegevens worden opgeslagen en verwerkt conform de wet-, en regelgeving omtrent het uitwisselen en verwerken van onderzoeksgegevens in klinische-, en wetenschappelijke onderzoeken.
	Als gegevens niet (meer) noodzakelijk zijn voor het onderzoek zal McRoberts BV deze niet meer registreren dan wel verwijderen, anonimiseren of pseudonimiseren. McRoberts BV is hierin mede afhankelijk van de onderzoekers die mij registreren om ervoor te zorgen dat er geen herleidbare kenmerken (zoals bijvoorbeeld een BSN) worden geregistreerd tijdens een behandeling of onderzoek.
	Ik kan ervoor kiezen om geen toestemming te geven of om alleen voor bepaalde delen toestemming te geven. McRoberts BV legt uit wat de gevolgen voor mijn hulpverlening zijn als ik (voor bepaalde) gegevens of personen geen toestemming geeft.
	Ik mag mijn toestemming op elk moment intrekken zolang ik onderdeel ben van dit onderzoek.*

** NB Wanneer ik deelneem aan een medisch onderzoeksproject dan is het mogelijk dat mijn gegevens nog steeds in (eventueel gepseudonimiseerde of geanonimiseerde) vorm worden gebruikt, dat is een uitzondering op de AVG wet die specifiek wordt toegestaan voor wetenschappelijke onderzoeken.*

Deze toestemming is een jaar geldig. Na dat jaar zullen mijn gegevens altijd worden gepseudonimiseerd of geanonimiseerd, dat wil zeggen dat deze zo worden bewerkt dat ze niet meer naar mij als individueel persoon herleidbaar zijn. McRoberts BV mag de meetgegevens in deze aangepaste vorm voor eigen doeleinden blijven gebruiken om de systemen en algoritmes (analyses) die de gegevensanalyse op bewegingsactiviteit uitvoeren verder te ontwikkelen en verbeteren zodat andere patiënten/personen daar in de toekomst beter door geholpen kunnen worden.

- Pseudonimiseren betekent dat mijn gegevens zo worden aangepast dat het niet eenvoudig meer mogelijk is om deze te herleiden naar mijn persoon, bijvoorbeeld door mijn naam te wijzigen naar een willekeurige code, maar dat dit op enige manier wel mogelijk blijft omdat ergens een registratie blijft bestaan van de persoon en de code.
    - Voor sommige doeleinden is dit noodzakelijk, bijvoorbeeld wetenschappelijk onderzoek kan niet worden uitgevoerd zonder dat de groep van onderzoekspersonen op enige manier inzichtelijk blijft. Hiervoor maakt de AVG-wet (privacy) ook een uitzondering.
- Anonimiseren betekent dat uw gegevens zo worden aangepast dat ze nooit meer naar u als persoon te herleiden zijn.

McRoberts BV spant zich daarbij in om voldoende (technische) maatregelen toe te passen om de relatie tussen u als persoon en uw meetgegevens goed te beschermen.
De gegevens die McRoberts BV gebruikt om haar producten (analyses en algoritmes) te verbeteren worden op dusdanige manier bewerkt dat ze nog wel relevante informatie voor de analyses bevatten, maar niet meer individueel naar een persoon kunnen worden herleid.

Daarbij kan worden gedacht aan het indelen van sommige kenmerken (leeftijd, lengte, gewicht, etc) in bredere categorieën (bijv. tussen de 60 en 65 jaar, tussen de 70 en 75 kilo, etc).
Daardoor is deze informatie wel van waarde als referentiewaarden voor andere personen binnen deze categorieën, maar zijn ze niet meer individueel aan een persoon te koppelen.
Deze informatie is nodig voor McRoberts BV om een inzicht te geven aan personen binnen deze categorieën over hoe hun bewegingspatronen zich verhouden tot anderen die in dezelfde of vergelijkbare categorieën vallen.

De specifieke categorieën kunnen in de toekomst wel worden aangepast als daar aanleiding toe is, bijvoorbeeld wanneer uit de gegevens blijkt dat sommige categorieën te breed blijken om een betekenisvolle referentiewaarde te behalen dan worden deze aangepast (bijvoorbeeld van 60 tot 65 jaar naar 60 tot 63 jaar), er zal echter altijd een dusdanige bandbreedte worden aangehouden dat een gegevensset niet individueel herleidbaar is.

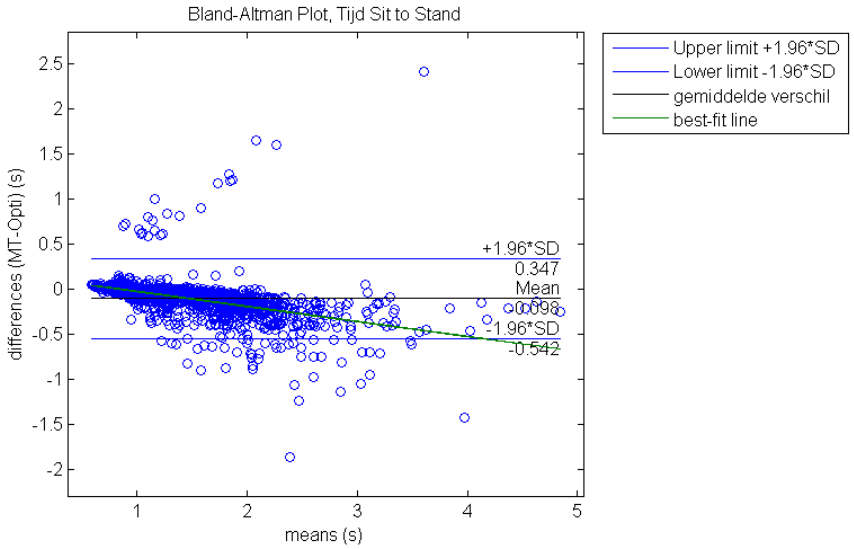
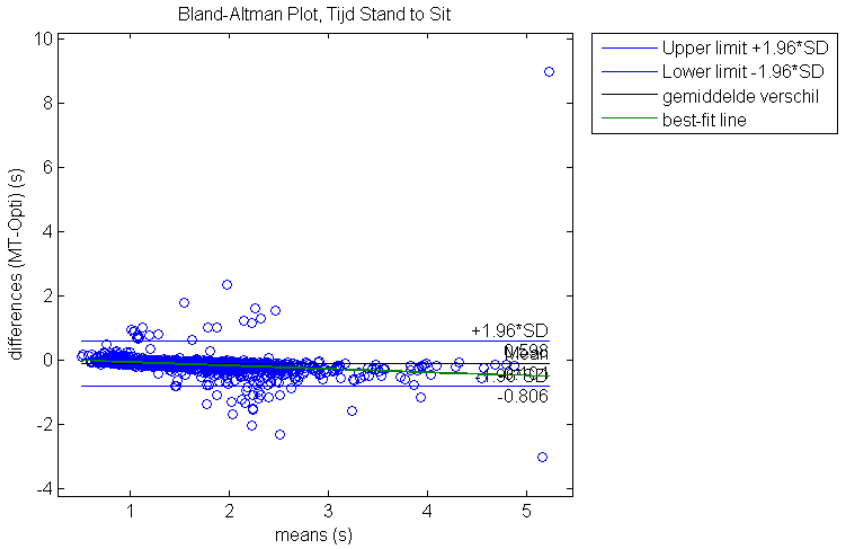
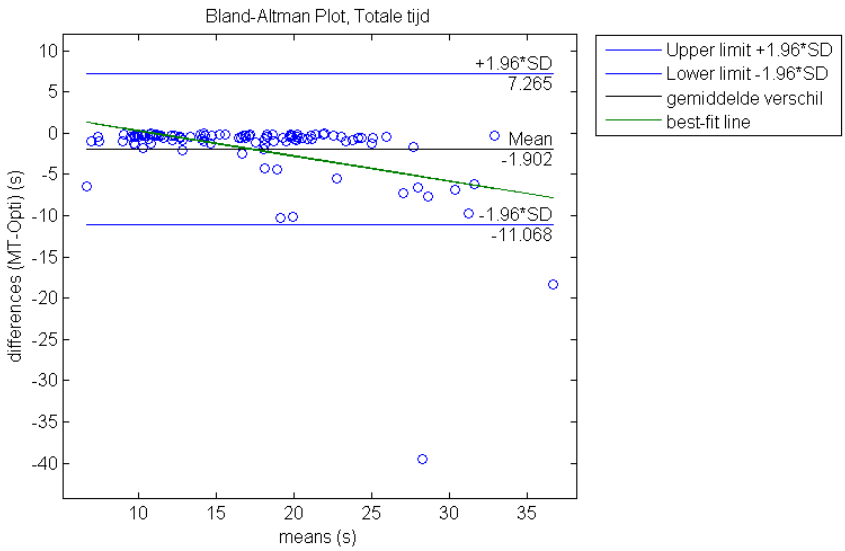
Datum
_____

Handtekening vertegenwoordiger

Handtekening wettelijk

(indien van toepassing)

_____

_____

Bijlage 6: Bland-Altman plots