



Afstudeeronderzoek

STABLE Motek Medical

M.A. Meskhat
R. van der Leede

Opleiding;
Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool,
Den Haag

Periode;
11-03-'13
19-6-'13

Begeleiders;
Eerste begeleider:
Monique Berger
Tweede begeleider:
Daphne Wezenberg

Voorwoord

Dit afstudeerverslag is geschreven in het kader van de opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool. De afstudeerperiode duurde van 21 november 2012 tot en met 8 maart 2013. Het afstudeerverslag is geschreven voor Motek Medical en mede mogelijk gemaakt door Expertise Centrum Bewegingstechnologie.

We willen hierbij iedereen bedanken voor het helpen bij het tot stand brengen van deze afstudeeropdracht. In het bijzonder willen we onze begeleiders, Monique Berger en Daphne Wezenberg, bedanken voor de kritische blik en waardevolle toevoegingen tijdens het maken van het verslag.

Als laatste wil ik Lianne Vinke bedanken voor haar onvoorwaardelijke inzet en ondersteuning gedurende mijn afstudeerperiode.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Inhoudsopgave	2
Samenvatting	3
Inleiding	4
1. Methode literatuuronderzoek	5
2. Definities van balans	6
2.1 Biomechanisch concept	6
2.2 Neurofysiologisch concept	7
3. Beoordelen van balans	8
3.1 Bestaande balansassessments	9
3.2 Geïsoleerde balansassessments	13
3.2.2 Motor coördinatie testen	16
4. STABLE	18
5. Conclusie literatuuronderzoek	20
5.1 Discussie literatuuronderzoek	23
6. Methode test-hertest betrouwbaarheidsonderzoek	24
6.1 Resultaten	25
Discussie	27
Conclusie	28
Aanbevelingen	28
Literatuurlijst	30
Bijlagen	35
I. Globale balanstesten	36
II Neurocom assessments	39
II.I Assessments Smart Equitest	39
II.II. Balance Master assessments	41
III. STABLE assessments	42
III.I STABLE assessment protocollen	43
IV. Deelnameformulier	46
V. Proprioceptie	48
Sensoren in het bewegingsapparaat	49

Samenvatting

Binnen deze afstudeeropdracht is onderzoek gedaan naar de validiteit en test-hertest betrouwbaarheid van de te meten parameters van de STABLE (STAbility and Balance Learning Enviroment) assessments .

STABLE is een nieuw systeem dat ontwikkeld is door Motek Medical. Met STABLE is het mogelijk om in een virtuele omgeving de balans te testen en te trainen.

Het STABLE systeem is uitgevoerd met een krachtenplatform, vier Vicon camera's , drie projectoren die één beeld projecteren op drie schermen en een surround sound systeem. Het STABLE systeem wordt ondersteund met D-Flow software die ontwikkeld is door Motek.

Dit onderzoek heeft een tweeledig doel;

- 1) Met behulp van literatuurstudie onderzoeken of de te meten parameters bij de STABLE assessments een valide uitspraak kunnen doen over de balans gesteldheid.
- 2) De test-hertest betrouwbaarheid van de gemeten parameters bij de STABLE assessments bepalen.

Om te onderzoeken of de te meten parameters bij de STABLE assessments een uitspraak kunnen doen over de balansgesteldheid, is er een literatuuronderzoek verricht. Relevante artikelen zijn verzameld via databanken PubMed, MEDLINE, Google scholar en ScienceDirect.

Om het STABLE systeem te testen op test-hertest betrouwbaarheid, is een onderzoek verricht op STABLE. Zeventien gezonde proefpersonen (20-31 jaar) hebben aan dit onderzoek deelgenomen. In dit onderzoek zijn de acht assessments van STABLE doorlopen, namelijk Postural Stability (PS), Functional Reach (FR), Limits of Stability Envelope (LoS E), Limits of Stability Medial-Lateral (LoS M-L), Limits of Stability Anterior-Posterior (LoS A-P), Speed Knee Bend (SKB), Dynamic Stability (DS), Visual Tracking (VT). Tijdens het onderzoek zijn de acht assessments van STABLE drie keer na elkaar uitgevoerd.

Uit de literatuurstudie kwam naar voren dat de te meten parameters bij LoS-E, LoS M-L, LoS A-P, SKT, DS en VT een valide uitspraak kunnen doen over het motor-coördinatie component van de posturale controle. De te meten parameters bij de PS en FR kunnen een valide uitspraak doen over de gehele posturale balans.

Van de acht assessments zijn 25 parameters getest op test-hertest betrouwbaarheid met de Intraclass Correlatie Coëfficiënt ICC(2,k). Deze ICC waardes varieerde van ICC: 0,258 tot ICC: 0,926. De ICC waardes zijn geclassificeerd aan de hand van criteria van Fleiss (1985). Hieruit blijkt dat tien parameters 'uitmuntend' scoorde, veertien parameters 'matig-goed' en één parameter 'slecht'. De meest betrouwbare parameter is gevonden bij Functional Reach. De minst betrouwbare parameter was StDevCop, Eyes open 2 legs van Postural Stability.

Inleiding

Volgens veiligheidNL (2012) worden in Nederland jaarlijks gemiddeld 100.000 ouderen behandeld op de spoedeisende hulp afdeling (SEH) van een ziekenhuis voor de gevolgen van een valongeval.

Elke vijf minuten valt een 55-plusser, waarbij een behandeling op de SEH-afdeling noodzakelijk is. Een valongeval is de belangrijkste oorzaak van letsel bij 55-plussers: driekwart van alle privé-ongevallen, waar een SEH-behandeling volgt, is een valongeval (74%). Bij 75-plussers is het aandeel valongevallen zelfs 86%. In de periode 2006-2010 is het aantal SEH-behandelingen na een valongeval bij 55-plussers toegenomen met 23% (veiligheidNL, 2012).

Een val kan veroorzaakt worden door meerdere complexe interacties tussen interne (binnen het lichaam) en externe (uit de omgeving) factoren.

Bij mensen boven de 65 jaar met de volgende verschijnselen, wordt het risico voor een val groter geacht: verminderde mobiliteit, cognitieve beperkingen, medicatie, depressie, incontinentie, een beroerte, hypotensie, duizeligheid, verslechterde visie, angst voor het vallen en valgeschiedenis.

Motek Medical heeft naar aanleiding van dit probleem en de ernstige gevolgen hiervan, een meetsysteem ontwikkeld genaamd STABLE (STAbility and Balance Learning Enviroment).

Met STABLE is het mogelijk om in een virtuele omgeving de balans te evalueren en te trainen.

Voor de balanst rainingen zijn applicaties ontwikkeld die door middel van real-time feedback en herhaaldelijke oefeningen belangrijke componenten voor motorisch leren combineren (Muratori, Lamberg, Quinn, & Duff, 2013). Door de virtuele omgeving wordt de aandacht en motivatie van de patiënt bevorderd (Grealy, Johnson, & Rushton, 1999).

Het STABLE systeem is uitgevoerd met een krachtenplatform, vier Vicon camera's, drie projectoren die één beeld projecteren op drie schermen en een surround sound systeem. Het STABLE systeem wordt ondersteund met D-Flow software die ontwikkeld is door Motek.

STABLE bevat acht assessments, waarmee de balans bij verschillende taken en houdingen bij een patiënt kan worden getest. Uit elk assessment komt een score voort, deze wordt gerelateerd aan de balansgesteldheid van een patiënt. Aan de hand hiervan wordt bepaald op welk niveau de patiënt begint aan de trainingen en om progressie in de tijd te bepalen.

Het STABLE systeem is nog niet getest op betrouwbaarheid en validiteit.

Voordat het STABLE systeem toepast kan worden binnen de revalidatie, dient deze aan voorwaarden te voldoen. De test-hertest betrouwbaarheid van de assessments dient te worden aangetoond. Hiernaast dienen de gemeten parameters bij de assessments een valide uitspraak te kunnen doen over de balansgesteldheid van een patiënt.

Dit onderzoek heeft een tweeledig doel;

- 1) De test-hertest betrouwbaarheid van de gemeten parameters bij de STABLE assessments bepalen.
- 2) Met behulp van literatuurstudie onderzoeken of de gemeten parameters bij de STABLE assessments een valide uitspraak kunnen doen over de balans gesteldheid.

Deze doelen leiden tot de volgende hoofd- en deelvragen die binnen dit onderzoek onderzocht worden;

- 1) Hoe betrouwbaar zijn de STABLE assessments uitgedrukt in test-hertest betrouwbaarheid?

- 2) Kunnen de gemeten parameters bij de STABLE assessments een valide uitspraak doen over de balansgesteldheid?
- 2.a Wat is de definitie van de balans?
 - 2.b. Welke te meten balansparameters dienen gemeten te worden om een uitspraak te kunnen doen over de balansgesteldheid van een patiënt?
 - 2.c Welke parameters worden door de bestaande betrouwbare en valide assessments gemeten?

1. Methode literatuuronderzoek

Om antwoord te kunnen geven op de deelvragen is een literatuuronderzoek verricht in verschillende databases. De gebruikte databases van het literatuuronderzoek zijn PubMed, MEDLINE, Google Scholar en ScienceDirect. De zoektermen die gebruikt zijn, zijn hieronder per deelvraag in een opsomming vermeld.

- 2.a Wat is de definitie van de balans?

Zoektermen: equilibrium; balance; postural control; dynamic stability; upright stance; human balance; standing; balance response, biomechanics of balance, physiological of balance.

- 2.b. Welke te meten balansparameters dienen minimaal gemeten te worden om een uitspraak te kunnen doen over de balansgesteldheid van een patiënt
- 2.c Welke parameters worden door de bestaande betrouwbare en valide assessments gemeten?

Zoektermen: Balance assessment; clinical assessment; Limit of Stability; Functional Reach test; measuring balance; Postural balance; Postural Control, Berg Balance Scale; Short Physical Balance Battery; Limit of Stability; Clinical test for sensory interaction of balance; Functional Reach test; Timed 'get up and go' test; Fullerton Advanced Balance Scale; Computerized Posturography; Sensory Organization Test; measuring balance; Gaze Stabilization Test; Motor Control Test; Postural Evoked test; NeuroCom; Smart Equitest; Balance Master

2. Definities van balans

Om inzicht te kunnen krijgen in welke factoren een rol spelen bij het behouden van de balans, dient balans in het algemeen gedefinieerd te worden. De termen 'balans' en 'evenwicht' worden vaak als elkaars synoniemen gebruikt en komen vaak voor in de literatuur.

Voor een goed begrip van de term 'balans' zullen twee concepten worden besproken voor de regulatie van het evenwicht. Twee belangrijke modellen voor het reguleren van het evenwicht zijn; het biomechanisch concept en neurofysiologisch concept (Kwakkel, 2002).

2.1 Biomechanisch concept

Binnen de (bio)mechanica wordt balans in de eerste wet van Newton gedefinieerd als 'een toestand waarin de som van krachten en de som van momenten die op het lichaam inwerken nul is' (Pollock, Durward, Rowe, & Paul, 2000).

Het vermogen van een lichaam om te balanceren in een statische situatie is gerelateerd aan de positie van het lichaamszwaartepunt (LZP) ten opzichte van het steunvlak. Als de verticale projectie van het LZP binnen het steunvlak valt, is het lichaam in evenwicht. Wanneer de verticale projectie van het LZP buiten het steunvlak valt, is het lichaam uit evenwicht en bestaat er een mogelijkheid tot vallen. Het gebied van het steunvlak waarin het evenwicht in een staande positie nog gecontroleerd kan worden wordt beschouwd als het 'kritisch punt' (Collins & De Luca, 1993).

De hoogte van het LZP, de massa van het lichaam en de grootte van het steunvlak zijn, vanuit de biomechanica gezien, bepalend voor de stabiliteit van het lichaam. De stabiliteit van het lichaam kan dan ook worden vergroot door het steunvlak groter te maken of door de afstand tussen het LZP en het steunvlak te verkleinen. Bij het rechtop staan van de mens, heeft deze een relatief hoog LZP en een relatief klein steunvlak, dit bemoeilijkt het stabiel houden van het lichaam (Maki & Mc Llroy, 1997; Winter, 1995).

Als het LZP van een voorwerp buiten het steunvlak valt, zal het voorwerp vallen of verplaatsen. Wanneer het LZP bij een persoon buiten het steunvlak valt, heeft deze het vermogen dit waar te nemen. Door middel van spieractiviteit kan het LZP hersteld worden en zal de persoon niet vallen (Horak, 1987). Dit wordt omschreven als posturale controle.

Posturale controle is een voorwaarde bij veel houdingen en activiteiten. Het evenwicht van een persoon is verdeeld in drie brede categorieën van menselijke activiteit (Berg, 1992).

1. Bij het behouden van een specifieke houding, zoals zitten of staan.
2. Bij het maken van een vrijwillige beweging, zoals het bewegen tussen verschillende houdingen.
3. Bij de reactie na een externe verstoring, zoals struikelen, uitglijden of geduwd worden.

Deze drie categorieën omvatten het behouden, bereiken en herstellen van het LZP ten opzichte van het steunvlak. De mechanische definitie van balans verwijst naar het in stand houden of terugbrengen van het LZP van een voorwerp of lichaam ten opzichte van het steunvlak.

Posturale controle kan worden gedefinieerd als het vermogen van het behouden, bereiken of herstellen van de balans (Horak, 1987; Nashner, 1982).

Naast de fysische eigenschappen van het LZP en het steunvlak, beschrijven Maki en Mc Llroy (1997) balanscontrole als het vermogen om de relatie tussen het LZP en het steunvlak te doseren tijdens de activiteiten van het dagelijks leven.

2.2 Neurofysiologisch concept

Het neurofysiologisch concept is gebaseerd op de studie van de interne mechanismen die nodig zijn voor de regulatie van de posturale controle bij een statische houding, bij verandering van een houding en bij verstoring van de posturale controle.

Het neurofysiologisch concept van posturale controle richt zich op het beschrijven van de perceptie-actiekoppeling (ofwel waarneming-reactie koppeling), nodig bij het reguleren van het evenwicht. Drie componenten zijn hierbij van belang voor het binnenbrengen van informatie; namelijk het vestibulaire (evenwichtsorgaan), het visuele en het somatosensorische (proprioceptie) systeem. Deze drie componenten vullen elkaar aan en kennen onderling een sterke overlap. Doordat ze elkaar aanvullen is er bij het wegvallen van één van de systemen compensatie mogelijk door de andere twee systemen (Kwakkel, 2002).

De informatie vanuit het vestibulaire systeem kan op drie verschillen manieren worden gebruikt; Het controleren van de oogspieren met de vestibulo-oculaire reflex, om een rechtopstaande positie te behouden en voor het bewustzijn van de lichaamspositie en lichaamsversnellingen (Vander, Sherman, & Luciano, 1990).

Het vestibulaire systeem wordt vaak genoemd als het zintuiglijk orgaan voor balans (Guskiewicz, 1996). Echter wordt in onderzoeken aangetoond dat er weinig reflexen zijn die primair door de vestibulaire input worden aangestuurd (Horstmann & Dietz, 1988; Nashner, 1982; Nashner, Black, & Wall, 1982; Taguchi, 1980). Uit diverse onderzoeken (Horstmann, 1988; Nashner, 1982; Nashner, 1982; Taguchi, 1980) blijkt dat het vestibulaire systeem primair betrokken is bij het stabiliseren van langzame body sway, die wordt bereikt met een lage beenspieractiviteit.

Meerdere onderzoeken suggereren dat mensen voornamelijk de feedback vanuit het visuele en de proprioceptie gebruiken om de balans te behouden (Horstmann & Dietz, 1988 ;Nashner L. , 1982 (Nashner, Black, & Wall, 1982 ; Taguchi, 1980)). Visie is belangrijk bij het behouden van balans, voornamelijk bij het herstellen van de balans na een externe verstoring.

Echter zou dit niet mogelijk zijn zonder het vestibulaire systeem, dat het mogelijk maakt om de visie gefocust te houden op een vast punt.

Het proprioceptie systeem bevat mechanosensoren die een essentiële rol spelen voor posturale controle (zie bijlage V). Deze mechanosensoren bevinden zich in de spieren en gewrichten van een persoon. Deze geven informatie over de lengte van de spieren door aan het centrale zenuwstelsel (CZS). In het CZS wordt het signaal teruggekoppeld naar de hersenen of het wordt omgezet in een myotonisch reflex (strekreflex).

Bij verstoring van de balans treedt bij meeste mensen het myotonisch reflex als eerst op. Enkelrotatie is de meest waarschijnlijke prikkel voor het myotonisch reflex dat in de eerste fase van het reageren op een balansverstoring optreedt (Nasher, 1976). Het reflex activeert de functionele beenspieractiviteit om de balans te herstellen (Dietz, Horstmarm, & Berger, 1989; Nasher, 1976).

Hieruit kan geconcludeerd worden dat deze drie systemen (het visuele, het vestibulaire en het proprioceptieve systeem) belangrijk zijn bij het ontvangen van informatie voor het behouden, herstellen bereiken van de balans. Uit onderzoeken is gebleken dat deze drie systemen niet altijd tegelijk actief zijn bij het behoud van de balans. Afhankelijk van de situatie wordt bepaald welke systemen geactiveerd worden. De uitval of verstoring van een systeem wordt gecompenseerd door één of beide andere niet verstoorde systemen.

3. Beoordelen van balans

Uit het voorgaande hoofdstuk over de definitie van balans is gebleken dat het behouden, bereiken of herstellen van de balans afhankelijk is van het vermogen om adequaat gebruik te maken van de sensorische informatie. Voor het beoordelen van de balans bij een patiënt heeft Horak (1997) de balans onderverdeeld in drie componenten; biomechanica, sensorische organisatie en motor-coördinatie.

Deze drie componenten kunnen weer worden onderverdeeld in bijbehorende subcomponenten.

Om een component voor de balans te kunnen evalueren dienen de subcomponenten afzonderlijk te worden geëvalueerd.

Volgens Horak (1997) dient de biomechanische component geëvalueerd te zijn voor aanvang van de testen van de motor-coördinatie en/of sensorische organisatie. Om de biomechanica te testen, worden functietesten uitgevoerd waarmee onder andere de spierkracht en de range of motion worden geëvalueerd (Horak, 1997).

Biomechanica:

De eerste stap in het beoordelen van de posturale controle is het evalueren van het bewegingsapparaat. Een beperkte Range Of Motion, pijnzin, beperkte spierkracht en beperkt uithoudingsvermogen zijn componenten die een invloed kunnen hebben op het behouden van balans.

Sensorische organisatie:

Om de sensorische organisatie te testen is een systematische evaluatie van de verschillende balanscomponenten van belang. Op deze manier kunnen onder verschillende condities proprioceptie, visuele en vestibulaire systemen worden getest (Shumway-Cook & Horak, 1986; Nashner L. , 1982).

Motor-coördinatie:

De motor-coördinatie componenten van een balansassessment omvatten de evaluatie van het vermogen om stabiliteit te behouden bij drie typen posturale verstoringen: In reactie op externe verstoringen, zoals een duw of steunvlakverstoring; in anticipatie van vrijwillige bewegingen met ledematen, zoals snelle arm- of beenbewegingen en gedurende vrijwillige bewegingen van het LZP, zoals leunen of lopen (Horak, 1997).

3.1 Bestaande balansassessments

De drie componenten voor posturale controle (sensorische organisatie, motor-coördinatie en biomechanica) worden in de praktijk door middel van diverse assessments geëvalueerd. Deze assessments kunnen worden onderverdeeld in twee groepen, namelijk de assessments waarbij de balans globaal wordt getest en de assessments waarbij de componenten van de posturale controle geïsoleerd worden gemeten. Bij de globale assessments wordt de posturale controle tijdens het uitvoeren van activiteiten uit het dagelijkse leven getest. Met de assessments kan een uitspraak gedaan worden over de aanwezigheid van een balansprobleem en het risico tot vallen.

Met de geïsoleerde assessments kunnen de drie componenten geïsoleerd worden geëvalueerd. Hiermee kan een uitspraak gedaan worden over welke componenten verstoord zijn bij een patiënt met een stoornis in de posturale controle.

Globale balansassessments

Wanneer een therapeut als doel heeft vast te stellen of een patiënt balansproblemen heeft, wordt gebruik gemaakt van assessments om de posturale controle globaal te evalueren (bijlage I).

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen assessments waarmee de posturale controle met een subjectieve en een objectieve methode wordt gemeten.

Bij de subjectieve methode worden bij de meeste assessments meerdere motorische taken subjectief beoordeeld met een schaal van drie tot vijf punten. Ook kan de tijd die een patiënt de balans kan behouden in een bepaalde houding, worden gemeten (Fregly & Graybiel, 1968).

Om de posturale controle objectief te kunnen meten, wordt gebruik gemaakt van systemen die uitgevoerd zijn met een krachtenplatform. Hiermee wordt de Centre of Pressure (CoP); de reactiekracht van het LZP op het krachtenplatform, gemeten.

NeuroCom heeft een aantal systemen ontwikkeld waarmee de posturale controle objectief gekwantificeerd kan worden. Twee van deze systemen zijn de Balance Master en Smart Equitest. Alle assessments op deze meetsystemen zijn valide bevonden (NeuroCom, 2012).

Deze systemen bevatten assessments waarmee de posturale balans globaal geëvalueerd kan worden.

Ook bevatten deze systemen assessments waarmee de subcomponenten voor de posturale controle geïsoleerd getest kunnen worden. De geïsoleerde balansassessments op deze systemen worden in paragraaf '3.2. Geïsoleerde balanstesten' toegelicht.

De behaalde score van een patiënt wordt bij de assessments van deze systemen vergeleken met de normatieve data van de gemiddelde gezonde populatie van hetzelfde geslacht, leeftijd, gewicht en lengte.

Hiermee wordt een uitspraak gedaan over de balansgesteldheid van een patiënt.

In tabel 1 wordt de omschrijving van de subjectieve globale balansassessments en de gemeten parameters bij deze assessments weergegeven. In tabel 2 wordt de omschrijving en de gemeten parameters van de objectieve globale balansassessments weergegeven.

Globale balansassessments; subjectieve methode

Test	Beschrijving test	parameters:	Indicatie:
FRT	Met de functional Reach Test wordt het vermogen om zo ver mogelijk, in een staande houding, met de armen naar voren te reiken zonder de voeten te verplaatsen of te vallen getest.	- Reikafstand (cm)	Score: 0 t/m 4 0= niet kunnen reiken 1= reikafstand < 15cm 2= Reikafstand ≥ 15 ≤ 25cm 3= Reikafstand ≥ 25cm Reikafstand ≤15cm = vergrote valkans
BBS	BBS is een assessment waarin 14 ADL taken worden uitgevoerd. In de test worden statische houdingen en dynamische houdingen getest. 1. Van zit naar stand; 2. Zelfstandig staan; 3. Zelfstandig zitten: zitten met ongesteunde rug, maar voeten gesteund op de grond; 4. Van stand naar zit; 5. Transfer: van zitten op een stoel met armleuning naar stoel zonder armleuning; 6. Zelfstandig staan met gesloten ogen; 7. Zelfstandig staan met de voeten tegen elkaar; 8. Reiken naar voren met gestrekte arm in stand; 9. Oppakken van een voorwerp van de grond in stand; 10. Omkijken tijdens stand over zowel de linker als rechter schouder; 11. 360° draaien in stand; 12. Alternierend plaatsen van voet op een krukje/opstapbankje in stand; 13. Staan met één voet voorwaarts geplaatst; 14. Staan op één been.	Score bij 14 balanstaken - Manier uitvoeren van taak - tijd (s) bij behouden van een houding	Score per onderdeel: 0 t/m 4 Max score: 56 punten Totaalscore < 45 = vergrote valkans
TUG	Met de TUG wordt de tijd van een bepaald traject in seconden gemeten. Dit traject omvat de tijd waarin de proefpersoon uit een stoel kan opstaan, daarna drie meter afstand lopend aflegt, omkeert, terugloopt naar de stoel en weer gaat zitten.	- De tijd over de meting (sec)	>10 sec = gelimiteerde balanscontrole
FAB	bestaat uit 10 functionele balanstaken, zowel statisch als dynamisch, met variërende sensorische condities. 1. Zelfstandig staan met de voeten tegen elkaar, met de ogen dicht 2. Naar voren reiken naar een object 3. 360° linksom en rechtsom draaien in stand 4. Stappen op een 6-inch bank 5. Tandem walk 6. Staan op één been 7. Staan op schuim met ogen dicht 8. Twee-benige sprong 9. Lopen met hoofd draaiing 10. Reageren op een onverwachte balansverstoring	Score bij 10 balanstaken - Manier uitvoeren van taak - tijd (s) bij behouden van een houding	Score per onderdeel: 0 t/m 4 Max score: 40 punten Totaalscore ≤ 25 = vergrote valkans

POMA	bestaat uit 9 functionele balanstaken 1. Leunen/glijden naar een kant van een stoel 2. Van zit naar stand 4. Staan 5. Reageren op een duwtje 6. staan met met ogen dicht 7. 360° draaien van uit stand 8. Gaan zitten op een stoel 9. Lopen	Score bij 9 condities - Manier uitvoeren van taak - tijd (s) bij behouden van een houding	Score per onderdeel: 0 t/m 2 Max score: 28 punten Totaalscore: 25-28= verlaagde valkans 19-24= modale valkans < 19= vergrote valkans
SPPB	Bestaat uit 5 functionele balanstaken 1. Vijf keer opstaan vanuit een stoel 2. Staan in tandemstand 3. Staan met de voeten tegen elkaar 4. 2,44 meter lopen 5. semi - tandemstand	Score bij 5 condities - manier uitvoeren van taak - tijd (s) bij behouden van een houding	Score per onderdeel: 0 t/m 4 Max score: 12 punten Totaalscore: 0-3= Ernstig beperkt 4-9 = verhoogd kans op nieuwe beperkingen tijdens uitvoering van ADL-taken 9-12 = laag-risico groep

Tabel 1, Overzicht subjectief gemeten globale balanstesten; Functional Reach Test (FRT), Berg Balance Scale(BBS), timed' Up and Go' (TUG), Berg balance Scale (BBS), Fullerton Advance Balance Scale (FAB), Tinetti balance and mobility test (POMA), Short Physical Performance Battery (SPPB).

Globale balansassessments; objectieve methode

Meetsysteem	Test	Beschrijving test	Parameters
Balance Master	STS	Met de STS test wordt het vermogen van de patiënt om vanuit een zitpositie op te staan getest.	- The COG trace; de afgelegde afstand van de verplaatsing van het CoP - Weight Transfer; de benodigde tijd om de CoP naar voren te verplaatsen om vanuit een zithouding op te kunnen staan - Rising Index; mate van kracht die uitgeoefend wordt tijdens het opstaan vanuit een zithouding uitgedrukt in percentage van patiënt's lichaamsgewicht - Cog Sway Velocity; kwantificeert de CoP hoek per seconden binnen het steunvlak tijdens het opstaan en 5 seconden na het opstaan - Left/Right Weight Symmetry; kwantificeert het percentage van gewichtsverdeling onder de voeten tijdens het opstaan
	WA	Bij de WA wordt het karakteristieke van de gang bij een patiënt tijdens het heen-en-weer lopen over een krachtenplatform getest	- COG trace; De afgelegde CoP baan - Step Width; laterale afstand in centimeters tussen de linker en de rechter voet - Step Length; Afstand in centimeters tussen heel contact van de linker en de rechtersvoet. - The Speed; voorwaartse snelheid in centimeters per seconden - The Step Length Symmetry; vergelijking tussen linker en rechter staplengte uitgedrukt in percentage van de totale schrede lengte
	TW	Met de TW test kunnen de karakteristieken van de gang van een patiënt gedurende tandem gang gekwantificeerd worden	- The COG trace; afgelegde CoP baan - Step Width laterale; afstand in centimeters tussen de linker en de rechter voet - The Speed; voorwaartse snelheid in centimeters per seconden - The End Sway; is de CoP snelheid in graden per seconden anterior/ posterior Dit meet 5 seconden na dat de patiënt gestopt is met lopen
	SQT	Hier wordt het vermogen van de patiënt om twee stappen te lopen en daarna 180 graden om te keren geëvalueerd.	- The COG trace; afgelegde CoP baan - Turn Time; kwantificeert de benodigde tijd (in seconden) om een afstand af te leggen en daarna 180 graden in plaats te draaien en terug te lopen - Turn Sway; kwantificeert de CoP graden/seconden gedurende 'Turn Time'
	SUO	Bij de SUO worden de motor-coördinatie eigenschappen tijdens het lopen over een plateau gemeten. Aan de patiënt wordt gevraagd om met een voet op het plateau te stappen en daarna met de andere voet over het plateau te zwaaien.	- The COG trace; afgelegde CoP baan - Lift-Up Index; kwantificeert de maximale heffingskracht dat het voorste been uitoefent op het krachtenplatform uitgedrukt in percentage van het gewicht van de patiënt - Movement Time; kwantificeert de benodigde tijd om een taak af te ronden - Impact Index; kwantificeert de verticale inslagkracht bij landing op het krachtenplatform uitgedrukt in percentage van het lichaamsgewicht
	FL	Bij FL test worden bewegingseigenschappen van de patiënt gedurende lunges (met een been naar voren stapen en daarna met hetzelfde been tegen de ondergrond duwen om weer rechtop te komen) gekwantificeerd	- The COG trace; afgelegde CoP baan - Vertical Force; percentage van het lichaamsgewicht gedurende contacttijd - Distance; staplengte van een lunge (stap) uitgedrukt in percentage van de lichaamslengte van een patiënt. Staplengte wordt gekarakteriseerd door de voorwaartse CoP verplaatsing - Impact Index; kwantificeert de verticale inslagkracht bij landing op het krachtenplatform uitgedrukt in percentage van het lichaamsgewicht - Contact Time; is de contacttijd in seconden van de voet waarmee gestapt wordt - Force Impulse; totale arbeid die geleverd is door het stappen op het krachtenplatform, uitgedrukt in percentage van het lichaamsgewicht vermenigvuldigd met de tijd in seconden waarin krachten hebben opgetreden

Smart Equitest & Balance Master	US	- The COG trace; afgelegde COG baan - Cog Sway Velocity; Gemiddelde COG snelheid bij het staan op elk been met ogen open en gesloten
---------------------------------	----	---

Tabel 2, Globale balans testen, objectief meetmethode. Overzicht Balance Master Assessments; Sit-to-Stand (STS), Walk Across (WA), Tandem Walk, Step/Quik and Turn (SQT), Step Up/Over (SUO), Forward Lounge (FL) en Unilateral Stance (US).

3.2 Geïsoleerde balansassessments

Geïsoleerde assessments kunnen worden onderverdeeld in assessments waarbij de sensorische organisatie, motor-coördinatie of biomechanica getest kunnen worden.

3.2.1 Sensorische organisatie assessments

Bij sensorisch organisatie assessments wordt het vermogen van een patiënt om gebruik te maken van sensorische informatie ten behoeve van de balans getest.

De balans kan met twee methodes worden gemeten; de subjectieve methode en de objectieve methode. Bij de subjectieve methode wordt de tijd (in seconden) waarin de patiënt in een rechtopstaande positie kan blijven staan, zonder de armen en voeten te verplaatsen, gemeten. Ook wordt de mate van posturale sway door een waarnemer gescoord.

Bij de objectieve methode wordt de sway met een krachtenplatform gekwantificeerd.

Subjectieve methode

Shumway-Cook en Horak (1986) hebben een methode ontworpen waarmee de subcomponenten van de sensorische organisatie los van elkaar worden getest. Deze test wordt de Clinical Test for Sensory Interaction of Balance (CTSIB) genoemd. De theorie achter het kwantificeren van de sway is gebaseerd op de methode van Nashner (Shumway-Cook et al., 1986). Met deze test wordt door middel van een stuk schuim, een blinddoek en een 'conflict dome' (waarmee het zicht onscherp wordt gemaakt) een uitspraak gedaan over de oorsprong van de sensorische balanscomplicatie van de patiënt (Tabel 3).

Objectieve methode

Dokter Lewis Nashner heeft, in samenwerking met collega's, de basis voor de ontwikkeling van concepten en technologieën voor gecomputeriseerde dynamisch posturografie (GDP) gevormd. Hiermee kunnen de timing, richting en amplitude van correctieve posturale acties, gebaseerd op informatie van vestibulaire, visuele en somatosensorische inputs objectief worden gemeten.

De techniek voor het geïsoleerd testen van de sensorische organisatie is de Sensory Organisation Test (SOT) van Nashner. De SOT evalueert de integriteit van drie verschillende sensorische condities die selectief getest en beoordeeld worden door middel van CoP op een krachtenplatform te registreren.

NeuroCom GDP systemen bevatten twee testen waarbij het vermogen van de patiënt om adequaat gebruik te maken van de sensorische informatie bij verschillende situaties getest (Bijlage II).

De SOT test, die beschreven is door Nashner, kan met behulp van het Smart EquiTest systeem uitgevoerd worden. De SMART EquiTest is uitgerust met een krachtenplatform met twee vrijheidsgraden, dat kan kantelen en transleren, dat geplaatst is in een cabine. Het krachtenplatform en/of cabine kunnen bij bepaalde assessments kantelen met de sway van de patiënt.

Een ander GDP systeem van NeuroCom is de Balance Master, die uitgerust is met een vast krachtenplatform.

Op dit systeem kan de modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) worden uitgevoerd. De mCTSIB is gebaseerd op CTSIB, alleen wordt hier de zogenaamde 'conflict dome' niet gebruikt. De modified mCTSIB is gesimplificeerd afgeleid van de SOT. Met mCTSIB wordt de sway van de patiënt gedurende vier sensorische condities gemeten.

Sensorische organisatie ; Subjectieve methode		
Test	Beschrijving assessment:	Parameters:
CTSIB	Bij deze test wordt het vermogen van de patiënt om, gedurende zes sensorische condities, in een rechtopstaande houding te blijven staan getest. Per conditie wordt de tijd dat een patiënt in een rechtop staande posite kan blijven bijgehouden. Ook wordt de mate van de posturale controle bij de condities beoordeeld Elk meting van één conditie duurt maximaal 30 seconden en wordt drie keer herhaald. Conditie 1: ogen open, staan op een stabiele ondergrond Conditie 2: geblinddoekt, staan op een stabiele ondergrond Conditie 3: ogen open met een 'conflict dome'om, staan op een stabiele ondergrond Conditie 4: ogen open, staan op een stuk foam Conditie 5: Geblinddoekt, staan op een stuk foam Conditie 6: ogen open met een 'conflict dome', staan op een stuk foam	- Gemiddelde tijd in secondes over de drie metingen per conditie - De mate van de posturale sway per conditie

Tabel 3 Sensorische Organisatie testen, objectie gemeten assessments.Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (CTSIB).

Sensorische organisatie ; objectieve methode			
Systeem	Test	Beschrijving test	Parameters
Smart Equitest	SOT	De patiënt gaat in een open cabine staan op een krachtenplatform. De cabine en het krachtenplatform kunnen afzonderlijk of met elkaar naar voren of naar achter kantelen. De kanteling van het krachtenplatform in een stilstaande cabine zorgt voor verstoring van de proprioceptie. De kanteling van de cabine met een stilstaand krachtenplatform genereert een verstoring van de visuele balanscontrole. De CoP verplaatsing van de patiënt bij de verschillende situaties wordt drie keer gemeten.	- Equilibrium Score; kwantificeert de verschuiving van het lichaamszwaartepunt bij de zes condities die elk driemaal worden gemeten. Het effectief gebruik van individuele sensorische inputs wordt vastgesteld aan de hand van het totale patroon van scores van de zes condities. - Sensory Analysis; gebruikt in combinatie met de persoonlijke equilibrium scores om de afwijkingen van de individuele sensorische systemen te identificeren. - Strategy Analysis; kwantificeert de relatieve grootte van bewegingen rond de enkels (enkelstrategie) en rond de heup (heupstrategie) van de patiënt om bij elk meting in balans te kunnen blijven. - COG Alignment; geeft aan het begin van elk meting de positie van het lichaamszwaartepunt van de patiënt ten opzichte van het centrum van het steunvlak weer.
Balance Master	mCTSIB	De modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) is gesimplificeerd afgeleid van de SOT. Met mCTSIB wordt de sway van de patiënt gedurende vier sensorische condities gemeten	- Mean Cog Sway Velocity; gemiddelde sway snelheid per conditie. - COG Alignment; geeft aan het begin van elk meting de positie van het lichaamszwaartepunt van de patiënt weer ten opzichte van het middelpunt van het steunvlak

Tabel 4, Sensorische Organisatie testen, objectief gemeten assessments. SMART EquiTest Assessment; Sensory Organization Test (SOT), modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance(mCTSIB).

3.2.2 Motor coördinatie testen

De SMART EquiTest is uitgerust met een krachtenplatform dat geplaatst is in een cabine. Het krachtenplatform en/of cabine kunnen bij bepaalde assessments kantelen met de sway van de patiënt. Het krachtenplatform kan in voorwaartse en achterwaartse richting met verschillende snelheden transleren.

Het vermogen van de patiënt om gebruik te maken van de informatie verkregen uit sensorische organisatie en motor-coördinatie wordt getest. Ook is het mogelijk om met een van de assessments de functionele beperkingen te testen. De omschrijvingen van de assessments worden in de bijlage 'II.I. Assessments Smart Equitest' weergegeven, de parameters van de assessments worden weergegeven in tabel 4. SMART EquiTest bevat negen assessments en een aantal trainingen. De trainingen worden verder niet besproken. De assessments kunnen worden onderverdeeld in testen voor sensorische organisatie, motor-coördinatie en functionele assessments.

Balance Master assessments

De Balance Master beschikt over objectieve balansassessments en balanstrainingen waarmee de sensorische organisatie en motor-coördinatie getest en getraind kunnen worden. Het systeem is uitgerust met twee krachtenplatforms van 46 cm bij 150 cm.

De assessments van Balance Master(bijlage II.II kunnen worden onderverdeeld in assessments voor; sensorische organisatie, motor-coördinatie en functionele taken. Bij assessments voor balans bij functionele taken, wordt de balans tijdens uitvoering van ADL-taken geëvalueerd.

Hieronder worden de assessments kort uitgelegd, de bijbehorende parameters worden weergegeven in tabel 5.

Motor-coördinatie assessments ; objectieve methode			
Systemen	Assessments	Omschrijving test	Parameters
Smart Balance Master	WBS	Bij de WBS test wordt de verdeling van het lichaamsgewicht over de benen bij vier houdingen (0° is rechtopstaande positie) 30, 60, 90 graden (knieflexie) geëvalueerd.	- The percentage of body weight; kwantificeert het percentage van gewichtsverdeling onder de voeten tijdens vier standen van het squatten, namelijk bij 0, 30, 60 en 90 graden flexie
	LoS	bij LoS wordt de patiënt gevraagd om in een rechtop staande positie zonder de voeten te verplaatsen zijn/haar LZP zo snel en accuraat mogelijk naar acht gegeven targets in acht verschillende richtingen te verplaatsen	- Reaction Time; Is de tijd in seconden tussen het beginsignaal van de meting en de eerste beweging die de patiënt maakt - Movement Velocity; Is de gemiddelde CoP snelheid in graden per seconden. - Endpoint Excursion; Is de afstand van de eerste bewegingsrichting, een target uitgedrukt in een percentage van de maximale LoS afstand. Het eindpunt wordt gezien als het moment waarop de initiale beweging richting de target eindigt - Maximum Excursion; is de maximale afstand die bereikt is gedurende meting - Directional Control; is een vergelijking van de hoeveelheid bewegingen in de richting van de target tot de hoeveelheid bewegingen in afwijkende richting
Smart Equitest	MCT	Met MCT wordt het vermogen van de patiënt om zo snel mogelijk zijn/haar balans te herstellen, na een onverwachte externe verstoring, gemeten. Het platform transleert in drie achtereenvolgende metingen met kleine, modale en grote sequenties naar voren en naar achteren. Op deze manier wordt de posturale controle bij de patiënt uitgelokt. Bij de metingen worden de begintijd, kracht en verdeling van het gewicht op beide voeten en de posturale controle gemeten. Iedere situatie wordt driemaal herhaald en gemeten.	- Weight symmetry; kwantificeert de relatieve gewichtsverdeling op ieder been - Latency; kwantificeert de tijd tussen het begin van de stimulans en het moment dat de patiënt actief reageert (krachtreactie in beide benen). De samengestelde latentie-score is een gemiddelde van de individuele score van beide benen - Amplitude Scaling; kwantificeert de reactiekracht van beide benen tijdens de drie maten van translatie
	RWS	Met de RWS test wordt het vermogen van de patiënt om ritmisch zijn/haar LZP op drie snelheden tussen twee targets van links naar rechts te bewegen	- Het percentage van het lichaamsgewicht per been bij vier standen (0, 30, 60, 90 graden flexie)

Tabel 5, Overzicht Balance Master Assessments; modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB). Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB), Limits of Stability (LoS), Weight Bearing Squat (WBS),

4. STABLE

Motek Medical biedt innovatieve producten voor gebruik in de revalidatie, orthopedie en neurologie, op het gebied van prestatievermogen, verbetering en onderzoek. Bij de producten van Motek Medical wordt gebruikt gemaakt van 'Virtual Reality Enviroment' (VRE) hierbij wordt een omgeving gesimuleerd om een gebruiker mee te slepen in een ervaring.

In de VRE worden krachtenplatformen, loopbanden, motion capture camera systemen, projectoren en surround sound systemen gecombineerd. De systemen die toegepast worden geven multi sensorische real-time feedback. Het spelelement en de meeslepende interactie stimuleert het concentratievermogen van de gebruiker gedurende metingen.

De systemen bevatten applicaties om bewegingsfuncties te verbeteren en om balans te evalueren en te trainen (Motek Medical).

STABLE is een van de nieuwste systemen van Motek Medical dat ontwikkeld is om in een VRE de balans te testen en te trainen. De trainingapplicaties worden verder niet behandeld in dit verslag, alleen de applicaties voor balans evaluatie.

Het STABLE systeem is uitgerust met een krachtenplatform, vier motion capture camera's, drie projectoren die één beeld projecteren op drie schermen en een surround sound systeem. Met het krachtenplatform kan het lichaamszwaartepunt van de patiënt gemeten en geregistreerd worden tijdens het uitvoeren van assessments. Hierbij wordt de CoP verplaatsing in centimeters gemeten.

Met de motion capture camera's kunnen de coördinaten van de markers, geplaatst op het lichaam van de patiënt, in de ruimte worden gemeten. Hiermee kunnen de bewegingen die de patiënt maakt gedurende een assessment worden geregistreerd. Hierbij wordt de reactietijd in seconden en de afgelegde afstand bij bewegingen in centimeters gemeten.

Bij de assessments voor motor-coördinatie wordt het vermogen van een patient om; zijn/haar LZP zo ver mogelijk in een bepaalde richting te verplaatsen.

Deze componenten worden door verscheidene onderzoekers gezien als een belangrijke maatstaaf voor het motor-coördinatie vermogen.

Bij de assessments voor het globaal meten van de posturale controle worden taken uit het dagelijks leven getest.

STABLE assessments

Stable bevat acht assessments. Deze kunnen onderverdeeld worden in assessments waarbij de motor-coördinatie of functionele balans wordt geëvalueerd. De omschrijving van de assessments worden in bijlage III in dit verslag toegelicht en de gemeten parameters worden in tabel 6 weergegeven.

Parameters STABLE assessments			
Motor coördinatie	Test	Beschrijving assessments	Parameter
	LoSE		- CoP area; gebied (cm²) CoP verplaatsing - Dist, average; gemiddelde verplaatsing (cm) over acht richtingen - RT, average; gemiddelde reactietijd (s) over de acht richtingen - Speed, average; gemiddelde bewegingssnelheid (cm/s) over de acht richtingen - Error average; gemiddelde foutmarge over de acht richtingen
	LoSM-L		- Average CoP left; Gemiddelde verplaatsing CoP links - Average CoP Right; Gemiddelde verplaatsing CoP rechts
	LoSA-P		- Average CoP Back; Gemiddelde verplaatsing CoP naar achteren - Average CoP Front; Gemiddelde verplaatsing CoP naar voren
	SKB		- Average movement Time; gemiddelde bewegingstijd (s)
	DS		- Average time left; gemiddelde bewegingstijd links (s) - Average time Right; gemiddelde bewegingstijd rechts (s)
	VT		- Overlap 0,1 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,1 Hz - Overlap 0,2 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,2 Hz - Overlap 0,3 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,3 Hz - Overlap 0,4 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,4 Hz - Overlap 0,5 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,5 Hz - Overlap 0,6 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,6 Hz - Overlap 0,7 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,7 Hz - Overlap 0,8 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,8 Hz
Globale balansassessments	PS		- StDevCop, Eyes open 2 legs; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij staan op twee benen met ogen open - StDevCop, Eyes closed 2 legs; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij staan op twee benen met ogen dicht - StDevCop, Tandem Stance; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij tandem stand - StDevCop, Eyes open 1 legs; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij staan op één been met ogen open
	FR		- Functional Reach; Gemiddelde reikafstand in cm over drie pogingen

Tabel 6, Overzicht STABLE assessments; Functional Reach (FR), Limits of Stability envelope (LoSe), Limits of Stability Medial-Lateral (LoSM-L), Limits of Stability Anterior-Posterior (LoSA-P), Speed Knee Bend (SKB), Dynamic Stability (DS), Visual Tracking (VT) en Postural Stability (PS).

5. Conclusie literatuuronderzoek

Balans wordt gedefinieerd als een toestand waarin het verticale LZP van een persoon binnen zijn/haar steunvlak geprojecteerd staat. Uit het onderzoek naar de definitie van de balans kan geconcludeerd worden dat drie systemen (visuele, vestibulaire en proprioceptieve systeem) belangrijk zijn bij het ontvangen van informatie voor het behouden en herstellen bereiken van de balans. Deze systemen worden gezamenlijk posturale controle genoemd.

Uit het literatuuronderzoek kwam naar voren welke parameters gemeten dienen te worden om een uitspraak te kunnen over de balansgesteldheid van een patiënt. Drie componenten voor de posturale controle dienen te worden geëvalueerd; biomechanica, sensorische organisatie en motor-coördinatie.

- Om de biomechanica te kunnen evalueren dient de Range of Motion, pijnzin, spierkracht en uithoudingsvermogen te worden getest.
- Om de sensorische organisatie te kunnen evalueren dient het vermogen om gebruik te maken van informatie door het visuele, proprioceptie en vestibulaire systeem om de balans te behouden te worden getest.
- Om de motor-coördinatie te kunnen evalueren dient het vermogen om in balans te blijven na: een externe verstoring, zoals een duw of steunvlakverstoring; in anticipatie van vrijwillige bewegingen met de ledematen, zoals snelle arm- of beenbewegingen en gedurende vrijwillige verplaatsing van het LZP, zoals leunen of lopen te worden getest.

STABLE bevat acht assessments, waarvan zes assessments taken bevatten waarbij een patiënt de motor-coördinatie gebruikt. Met uitzondering van het vermogen om na een externe verstoring in balans te blijven, worden alle subcomponenten die bij motor-coördinatie horen getest in deze zes assessments. De ander twee assessments meten de balanscontrole globaal.

Bij LoS E, LoS M-L, LoS A-P en VT wordt het vermogen van de patiënt om het LZP in verscheidene richtingen vrijwillig te verplaatsen getest. Het vermogen om het LZP vrijwillig naar een punt te verplaatsen wordt gezien als een maat van motor-coördinatie.

Bij SKB wordt het vermogen van de patiënt om zo snel mogelijk te reageren op een stimulus door een kniebuiging te maken getest. Bij DS wordt het vermogen van de patiënt om zo snel mogelijk het krachtenplatform aan te tikken met de voet getest.

Bij de SKB en DS wordt het subcomponent vermogen om in balans te blijven in anticipatie van vrijwillige bewegingen met de ledematen getest, dit wordt gezien als een subcomponent van de motor-coördinatie.

Bij de twee andere assessments, FRT en PS, worden geen specifieke componenten voor de posturale controle gemeten. Bij deze twee assessments wordt de posturale controle bij situaties die in het dagelijks leven voorkomen, het reiken naar een voorwerp of het vermogen om in een houding te staan waarbij het steunvlak verkleind wordt, getest.

Bij FRT wordt het vermogen zover mogelijk te kunnen reiken getest. Bij PS wordt het vermogen om zo gecontroleerd mogelijk stil te blijven staan in drie houdingen, waarbij het steunvlak verkleind wordt door op één been of in tandemstand te staan.

Uit het literatuuronderzoek naar bestaande, betrouwbare en valide balansassessments kwam naar voren welke parameters bij deze assessments gemeten worden. Binnen de bestaande assessments wordt een onderscheid gemaakt tussen assessments die de balanscontrole globaal testen en assessments die een component voor de balanscontrole geïsoleerd testen. Bij de soorten balansassessments kan ook een onderscheid gemaakt worden gemaakt tussen de subjectieve of objectieve methode waarmee de parameters gemeten worden. De gemeten parameters bij de bestaande assessments worden vergeleken met de te gemeten parameters door STABLE assessments. Hiermee wordt getracht om een uitspraak te kunnen doen over de validiteit van de parameters die gemeten worden bij de STABLE assessments.

Globale assessments voor posturale controle kunnen aan de hand van twee methodes worden gemeten, namelijk de subjectieve en de objectieve methode. De gevonden parameters bij de bestaande globale balansassessments die overeen komen met de te meten parameters bij de STABLE assessments zijn; de reikafstand uitgedrukt in centimeters en de afgelegde en CoP baan uitgedrukt in centimeters. Bij de FR wordt reikafstand gemeten in centimeters en bij PS wordt de afgelegde CoP baan in centimeters gemeten. De parameters bij de objectieve en subjectieve globale balansassessments worden samengevat en weergegeven in tabel 7.

Globale balansassessments; Objectieve en subjectieve parameters		
	Objectief	Subjectief
	- The COG trace; De afgelegde CoP baan in centimeters * - Weight Transfer; De benodigde tijd om de CoP naar voren te verplaatsen om vanuit een zithouding op te kunnen staan - Rising Index; De mate van kracht die uitgeoefend wordt tijdens het uitvoeren van een taak uitgedrukt in percentage van patiënt's lichaamsgewicht - The Speed; De CoP snelheid in graden per seconden - The percentage of body weight; Het percentage van gewichtsverdeling onder de voeten tijdens het opstaan - Step Width laterale; De stapbreedte tussen de linker en de rechter voet in centimeters - Step Length; De staplengte tussen heel contact van de linker en de rechtervoet in centimeters - The Step Length Symmetry; Staplengte verschil tussen linker en rechter staplengte uitgedrukt in percentage van de totale schrede lengte - Movement Time; De benodigde bewegingstijd om een taak af te ronden in seconden - Verticale kracht die uitgeoefend wordt gedurende contacttijd uitgedrukt in percentage van het lichaamsgewicht - Contact Time; De contacttijd in seconden van de voet waarmee gestapt wordt - Force Impulse; De totale arbeid die geleverd is door het stappen op het krachtenplatform uitgedrukt in percentage van de lichaamsgewicht vermenigvuldigd met tijd in seconden waarin krachten hebben opgetreden. - Cog Sway Velocity; Gemiddelde CoP snelheid bij het staan op elk been met ogen open en gesloten	- Reikafstand in centimeters* - Tijd bij het afleggen van een afstand of bij het behouden van een houding in seconden - De manier van uitvoering van een taak

Tabel 7, Samenvatting van de parameters die gemeten worden bij de globale balansassessments. * De parameters die overeen komen met de te meten parameters bij de STABLE assessments.

Sensorische organisatie assessments; Objectieve en subjectieve gemeten parameters	
objectief	Subjectief
- Equilibrium Score; De verschuiving van het lichaamsswaartepunt bij de zes condities - Sensory Analysis; De verhouding van de Equilibrium Scores bij de zes condities - Strategy Analysis; De relatieve grootte van bewegingen rond de enkels en rond de heup van de patiënt - COG Alignment; De positie van het lichaamsswaartepunt van de patiënt ten opzichte van het centrum van het steunvlak - Mean Cog Sway Velocity; De gemiddelde sway snelheid in graden per seconden per conditie	- Gemiddelde tijd in seconden over de drie metingen per conditie - De mate van de posturale sway per conditie

Tabel 8, Samenvatting van de parameters die gemeten worden bij de globale balansassessments.

Motor-coördinatie assessments; Objectieve gemeten parameters	
objectief	
- Movement Velocity; De gemiddelde CoP snelheid in graden per seconden - Endpoint Excursion; De afstand van de eerste beweging richting een target uitgedrukt in een percentage van de maximale LoS afstand. - Maximum Excursion; is de maximale afstand die bereikt is gedurende meting - Vergelijking van hoeveelheid bewegingen in de richting van de target tot het hoeveelheid bewegingen in afwijkende richting - Weight symmetry; kwantificeert de relatieve gewichtsverdeling op ieder been in percentage van de patiënt's lichaamsgewicht - De tijd in seconden tussen het begin van de stimulans en het moment dat de patiënt actief reageert (krachtreactie in beide benen) - Reaction Time; Kwantificeert de reactiekracht van beide benen tijdens de drie maten van translatie	

Tabel 9, Samenvatting van de te meten parameters bij de motor-coördinatie assessments. * De parameters die overeen komen met de te meten parameters bij de STABLE assessments.

De parameters bij de geïsoleerde balansassessments kunnen worden onderverdeeld in assessments waarbij de sensorische organisatie of motor-coördinatie wordt getest.

De sensorische organisatie kan zowel met de objectieve als subjectieve methode worden gemeten. STABLE bevat geen assessments waarbij de sensorische organisatie wordt getest. Zoals eerder vermeld, worden bij de STABLE assessments taken uitgevoerd waarbij de motor-coördinatie en de globale balans worden getest. De parameters bij de sensorische organisatie worden weergegeven in tabel 8.

De gevonden parameters, bij de bestaande motor-coördinatie assessments, die overeen komen met de gemeten parameters bij motor-coördinatie assessment van STABLE zijn; de gemiddelde CoP snelheid (bij STABLE wordt dit uitgedrukt in cm/s), de reactie tijd in seconden en de afgelegde maximale CoP afstand in centimeters. De reactietijd wordt bij de volgende STABLE assessments getest; LoS E, SKB en DS. De maximale afgelegde CoP afstand wordt bij de LoS A-P, LoS M-L, LoS E gemeten. De parameter 'vergelijking van de hoeveelheid bewegingen in de richting van de target tot de hoeveelheid bewegingen in afwijkende richting' wordt bij LoS E gemeten, dit wordt bij LoS E 'error,average' genoemd.

In het overzicht hieronder worden de parameters bij de STABLE assessments weergegeven. De te meten parameters bij de STABLE assessments die overeen komen met de parameters bij de valide, betrouwbare assessments worden beschouwd als valide parameters voor het meten van de balans.

	Assessment	Parameters
Motor-Coördinatie assessments	LoSE	CoP area in cm ²
		Verplaatsing CoP in cm*
		Reactietijd in seconden*
		Snelheid in centimeters/seconden*
		Foutmarge*
	LoS M-L	Verplaatsing CoP in centimeters*
	LoS A-P	Verplaatsing CoP in centimeters*
	SKB	Reactietijd in seconden*
Globale assessments	DS	Reactietijd in seconden*
	VT	Percentage Overlap in procenten
	PS	Standaardafwijking van het CoP in centimeters*
	FR	Reikafstand in centimeters*

Tabel 10, Overzicht van de te meten parameters bij de STABLE assessments. *De parameters die overeen komen met de te meten parameters bij de valide en betrouwbare assessments.

5.1 Discussie literatuuronderzoek

De parameters 'CoP area' (bij LoS E) en 'Percentage overlap' (bij VT) zijn niet terug gevonden in de literatuur. De 'CoP area' wordt berekend aan de hand van de maximale CoP verplaatsing in acht richtingen. Uit het voorgaande blijkt dat de maximale CoP verplaatsing wel als een valide parameter gezien kan worden voor het testen van balans. Dus kan de 'CoP area' worden beschouwd als een valide maat voor de balans.

Bij de VT wordt het vermogen van patiënt om met het LZP op hetzelfde tempo als de target, gecontroleerd naar links en naar rechts te bewegen. Dit wordt uitgedrukt in 'percentage overlap'. Het vermogen om vrijwillig het LZP naar een punt te bewegen werd al eerder genoemd als een maat voor motor-coördinatie. Dus de 'Percentage overlap' zou gezien kunnen worden als een maat voor de motor-coördinatie voor de posturale controle.

6. Methode test-hertest betrouwbaarheidsonderzoek

STABLE bevat acht assessments (bijlage III). Voor het meten van de test-hertest betrouwbaarheid van de assessments hebben zeventien gezonde personen deelgenomen aan het onderzoek. De proefpersonen waren zowel mannelijk en vrouwelijk, tussen de 20 en 31 jaar (tabel 11). De proefpersonen werden van tevoren geïnformeerd over de doeleinden van het onderzoek. De proefpersonen werden via e-mail gevraagd om een deelnameformulier (bijlage IV) in te vullen.

De metingen voor één tot maximaal twee proefpersonen zijn op één dag uitgevoerd. Hierbij zijn de acht assessments ieder driemaal gemeten. Na afronding van ieder assessment, wordt er drie minuten onderbroken. Tijdens de onderbreking werden voorbereidingen voor het volgende assessment getroffen door de proefleider. Na afloop van de onderbreking vond het volgende assessment plaats. De stappen, die hiervoor zijn omschreven in de meetprotocollen voor de assessments van STABLE (bijlage III.I), worden herhaald tot alle assessments zijn uitgevoerd.

De instrumenten die gebruikt zijn voor de metingen van de assessments:

- Drie projectoren, die samen een integraal beeld projecteren
- Surround-Sound System
- Krachtplaat (1 x 1 m)
- Zes Vicon (type Bonita) motion-capture camera's, die 3D bewegingsdata verzamelen
- Software (D-Flow)

Overzicht proefpersonen							
Geslacht	Aantal proefpersonen	Gemiddelde Leeftijd (j)	Standaardafwijking Leeftijd (j)	Gemiddelde Gewicht (kg)	Standaardafwijking Gewicht (kg)	Gemiddelde lengte (cm)	Standaardafwijking Lengte(cm)
Man	13	25	2	77	6	180	2
Vrouw	4	25	5	64	6	173	7

Tabel 11, Overzicht van de gegevens van proefpersonen.

De data verkregen uit de metingen zijn in eerste instantie georganiseerd met behulp van Excel. De Excel-bestanden zijn geïmporteerd in het statistiekprogramma SPSS 20. De betrouwbaarheid van de parameters bij de acht assessments zijn berekend met de Intraclass Correlatie Coëfficiënt ICC(2,k) (two way random model, absolute agreement) dat beschreven is door Shrout en Fleiss (1979). Hiermee is de maat van overeenstemming tussen driemaal gemeten parameters bij de acht parameters gekwantificeerd.

Voor de interpretatie van de ICC-waardes is de criteria van Fleiss (1985) gehanteerd, ICC kleiner dan 0.4 als 'slecht', ICC tussen 0.4 en 0.75 als 'matig tot goed' en ICC groter dan 0.75 als 'uitmuntend'. Deze criteria is eerder gebruikt bij het onderzoeken van de test-hertest betrouwbaarheid van balansassessments (Jayakaran, Johnson, & Sullivan, 2011; Blomqvist, Wester, Sundelin, & Rehn, 2012).

6.1 Resultaten

De ICC-waardes bij de gemeten parameters zijn berekend met de Intraclass Correlatie Coëfficiënt ICC(2,k) en de resultaten worden weergegeven in tabel 12. In deze tabel is per parameter de mate van betrouwbaarheid weergegeven. Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat de parameter 'StDevCop, Eyes open 2 legs' bij de PS een slechte betrouwbaarheidswaarde (ICC: 0.258) heeft.

De betrouwbaarheidswaarde van de rest van de parameters werden 'matig' tot 'uitmuntend' gevonden.

De ICCwaarden bij parameters van de assessments			
Motor coörditatie	Test	Parameter	ICC
	LoSE	- CoP area; gebied (cm ²) CoP verplaatsing	0,832***
		- Dist, average; gemiddelde verplaatsing (cm) over acht richtingen	0,919***
		- RT, average; gemiddelde reactietijd (s) over de acht richtingen	0,442**
		- Speed, average; gemiddelde bewegingssnelheid (cm/s) over de acht richtingen	0,845***
		- Error average; gemiddelde foutmarge over de acht richtingen	0,467**
	LoSM-L	- Average CoP left; Gemiddelde verplaatsing CoP links	0,765***
		- Average CoP Right; Gemiddelde verplaatsing CoP rechts	0,879***
	LoSA-P	- Average CoP Back; Gemiddelde verplaatsing CoP naar achteren	0,925***
		- Average CoP Front; Gemiddelde verplaatsing CoP naar voren	0,892***
	SKB	- Average movemendt Time; gemiddelde bewegingstijd (s)	0,647**
	DS	- Average time left; gemiddelde bewegingstijd links (s)	0,427**
		- Average time Right; gemiddelde bewegingstijd rechts (s)	0,597**
	VT	- Overlap 0,1 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,1 Hz	0,626**
		- Overlap 0,2 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,2 Hz	0,760***
		- Overlap 0,3 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,3 Hz	0,475**
		- Overlap 0,4 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,4 Hz	0,628**
		- Overlap 0,5 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,5 Hz	0,571**
		- Overlap 0,6 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,6Hz	0,794***
		- Overlap 0,7 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,7 Hz	0,628**
		- Overlap 0,8 Hz; gemiddelde overlapping percentage bij een frequentie van 0,8 Hz	0,632**
	PS	- StDevCop, Eyes open 2 legs; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij staan op twee benen met ogen open	0,258*
		- StDevCop, Eyes closed 2 legs; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij staan op twee benen met ogen dicht	0,467**
		-StDevCop, Tandem Stance; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij tandem stand	0,471**
		- StDevCop, Eyes open 1 legs; Standaardafwijking van het CoP in centimeters bij staan op één been met ogen open	0,447**
	FR	- Functional Reach; Gemiddelde reikafstand in cm over drie pogingen	0,926***
Globale balansassessments			

Tabel 12, Overzicht ICC's; Postural Stability (PS), Functional Reach (FR), Limits of Stability envelope (LoSe), Limits of Stability Medial-Lateral (LoSM-L), Limits of Stability Anterior-Posterior (LoSA-P), Speed Knee Bend (SKB), Dynamic Stability (DS), Visual Tracking (VT). *Slecht, **matig tot goed, ***uitmuntend

Discussie

In dit onderzoek is de validiteit van de te meten parameters gebaseerd op informatie verkregen uit het literatuuronderzoek.

Het baseren van de validiteit van de te meten parameters aan de hand van literatuuronderzoek kan geen zekerheid geven over de validiteit van de parameters bij de STABLE assessments. De te meten parameters dienen gevalideerd te worden aan de hand van valide en betrouwbare meetapparatuur.

Uit het onderzoek naar de test-hertest betrouwbaarheid van de te meten parameters is bevonden dat de parameter bij PS 'StDevCop, Eyes open 2 legs' als enige parameter een 'slechte' betrouwbaarheidswaarde bevat (ICC: 0,258).

Bij deze test wordt de proefpersoon gevraagd tien seconden lang, in een rechtopstaande houding met ogen open, zo stil mogelijk te blijven staan. De lage betrouwbaarheidswaarde is zeer opvallend, aangezien deze stand, in vergelijking met het staan op één been (ICC: 0,447) en de tandemstand (ICC: 0,471), makkelijker behouden kan worden omdat de proefpersoon een groter steunvlak heeft. De metingen bij dit assessment verliepen verder naar behoren, er waren geen opmerkelijke voorvallen. Om de betrouwbaarheid van deze parameter (StDevCop, Eyes open 2 legs) te kunnen bepalen dienen er metingen te worden verricht met meer proefpersonen.

Conclusie

Dit onderzoek had een tweeledige doel; het eerste doel was om met behulp van literatuurstudie onderzoeken of de te meten parameters bij STABLE assessments een valide uitspraak kunnen doen over de balanscontrole; het tweede doel was om de test-hertest betrouwbaarheid van de parameters bij STABLE assessments te bepalen.

Om de validiteit van de parameters te bepalen is er literatuuronderzoek gedaan naar; de definitie van balans; balansparameters die gemeten dienen te worden om een uitspraak te kunnen doen over de balansgesteldheid en de valide parameters die door de bestaande assessments worden getest.

Uit dit literatuuronderzoek kwam naar voren dat; balans wordt gedefinieerd als een toestand waarin het verticale LZP van een persoon binnen zijn/haar steunvlak geprojecteerd staat; voor het beoordelen van de balans bij een patiënt drie componenten (sensorische organisatie, motor-coördinatie en biomechanica) dienen getest te worden; dat er assessments bestaan die balanscontrole globaal testen (om de aanwezigheid van een balansprobleem te testen) en assessments die een van componenten voor balanscontrole geïsoleerd testen (om het onderliggende balansprobleem te achterhalen).

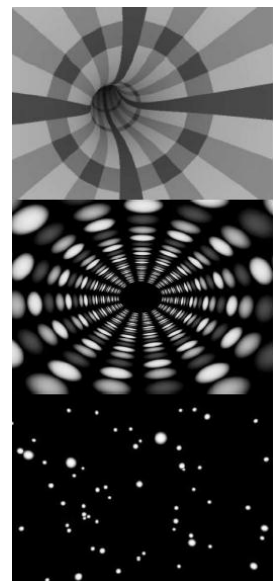
Uit het literatuuronderzoek is geconcludeerd dat de te meten parameters, bij LoS M-L, LoS A-P, LoS E, VT, SKB en DS, een valide uitspraak kunnen doen over de motor-coördinatie component voor de posturale controle. De PS en FR kunnen een uitspraak doen over de balansgesteldheid van het gehele posturale controle systeem.

Uit het onderzoek naar de test-hertest betrouwbaarheid van de te meten parameters is geconcludeerd dat met uitzondering van één parameter, alle gemeten parameters matig-tot uitmuntend betrouwbaar zijn bevonden. Hierbij is de parameter 'StDevCop, Eyes open 2 legs', met de laagste ICC-waarde (0,258).

Aanbevelingen

De VR omgeving van de STABLE biedt perspectief. Visie speelt een belangrijke rol bij het behouden van de balans. Voor VR kunnen omgevingen worden geprogrammeerd waarbij de visie op de proef kan worden gesteld. Hiermee kan bepaald worden of een patiënt afhankelijk is van de visuele informatie, eventueel ter compensatie van een verstoring van een ander systeem, om zijn/haar balans te kunnen behouden (Tossavainena, Juholaa, Pyykko, Aaltoc, & Toppilad, 2003). Tossavainena et al., (2003) hebben een test uitgevoerd bij 22 gezonde proefpersonen om de posturale sway bij drie omgevingen (zie figuur 1), om de invloed hiervan op de posturale sway te meten met een krachtenplatform. De VR omgeving werd weergegeven op het scherm van een VR-bril die de gebruiker gedurende metingen droeg. Uit dit onderzoek kan niet worden geconcludeerd wat de exacte invloed is van de patronen op de posturale sway. Hieruit kan wel worden opgemaakt dat dit zou kunnen worden toegepast op de VR omgeving van STABLE.

Om het vermogen van de patiënt om gebruik te maken van de visuele informatie voor het behouden van de balans te testen, is het mogelijk om de informatie naar de proprioceptie te verstoren. Deze verstoring kan worden gerealiseerd door een stuk foam op het krachtenplatform te plaatsen, waarop de proefpersoon wordt



Figuur 1, De drie visuele patronen (Tossavainena et al., 2003)

gevraagd plaats te nemen, zoals bij de mCTSIB.

Verder is het van belang dat er meer onderzoeken worden gedaan met STABLE om de normatieve scores voor de parameters bij verschillende populaties en doelgroepen vast te leggen. De normatieve scores kunnen gebruikt worden om door een patiënt behaalde scores te vergelijken met de normatieve waarden om zo iets over de balansgesteldheid te kunnen zeggen.

Literatuurlijst

- Allison, L. (1995). Balance disorders. In Umphred DA, ed. Neurological Rehabilitation. St. Louis. *The CV Mosby Company*, 802-837.
- Berg, K. (1992). Measuring Balance in the Elderly: Validation of an Instrument. *Canadian Journal of Public Health*, 2:7-11.
- Berg, K. O., Maki, B. E., Williams, J., Holliday, P. J., & Wood-Dauphinee, S. L. (1992). Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1073-80.
- biologiepagina. (sd). *evenwichtsorgaan.htm*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van biologiepagina: <http://biologiepagina.nl/Oefeningen/Evenwichtsorgaan/evenwichtsorgaan.htm>
- Blomqvist, S., Wester, A., Sundelin, G., & Rehn, B. (2012). Test-retest reliability, smallest real difference and concurrent validity of six different balance tests on young people with mild to moderate intellectual disability. *Physiotherapy*, 313-319.
- Bruininks, R. H. (1978). Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency. Examiner's Manual. Circle Pines. *American Guidance Service*.
- Burgerhout, W., Mook, G., Morree, J. d., & Zijlstra, W. (2006). *Fysiologie leerboek voor paramedische opleidingen*. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.
- Canbek, J., Fulk, G., Nof, L., & Echternach, J. (2013). Test-retest reliability and construct validity of the tinetti performance-oriented mobility assessment in people with stroke. *J Neurol Phys Ther*, 37(1):14-9.
- Cohen, H., Blatchy, C. A., & Gombash, L. L. (1993). A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Physical Therapy*, 346-351.
- Collins, J. J., & De Luca, C. J. (1993). Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp Brain Res*, 95, 308-18.
- Diener, H., Bootz, F., Dichgans, J., & et al. (1983). Variability of postural "reflexes" in humans. *Exp Brain Res*, 423-428.
- Domholdt, E. (2005). *Rehabilitation research: principles and applications*. Philadelphia: Elsevier.
- Dunbar, D., Horak, F., Macpherson, J., & et al. (1986). Neural control of quadrupedal and bipedal posture. *Journal of Anthropology*, 93-105.
- Duncan, P., Weiner, D., Chandler, J., & Studenski, S. (1992). Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, 93-98.
- Fleiss, J. L. (1985). *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. New York: Wiley.
- Fregly, A., & Graybiel, A. (1968). An Ataxia test battery not requiring rails. *Aerospace Med*, 39:277-82.
- fysio.vandertas. (sd). *request.php?92*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van fysio.vandertas: www.fysio.vandertas.nl/request.php?92

- Grealy , A., Johnson , D., & Rushton, S. (1999). Improving cognitive function after brain injury: The use of exercise and virtual reality. *Arcives of Physical Medicine and rehab.*, 661-667.
- Guskiewicz, K. M., & Perrin, D. H. (1996). Research and Clinical Applications of Assessing Balance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5:45-63.
- Horak , F., Diener , H., & Nashner , L. (1986). Normal scaling of postural responses in cerebellar patients . *Neuroscience abstracts* 12, 1419.
- Horak, F. B. (1987). Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther*, 67: 1881–85.
- Horak, F. B. (1991). Assumptions underlying motor control for neurologic rehabilitation . *Med.Sport Sci*, 11-27.
- Horak, F. B. (1992). Motor control models underlying neurological rehabilitation of posture in children. *Med Sport Sci*, 36:21-30.
- Horak, F. B. (1996). Adaptation of automatic postural responses. In: Bloedel J, Ebner TJ, Wise SP. eds. Acquisition of Motor Behaviour in Vertebrates. *Cambridge: MIT Press*, 57-85.
- Horak, F. B. (1997). Clinical assessment of balance disorders. *Gait & Posture* , 76-84.
- Horak, F. B., & Diener, H. C. (1994). Cerebellar control of postural scaling and central set in stance. *J.Neuropsychiol*, 72:479-93.
- Horak, F. B., Jones-Rycewicz , C., Black, F. O., & Shumway-Cook, A. (1992). Effects of vestibular rehabilitation on dizziness and imbalance. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 106; 175-80.
- Horak, F., Esselman , P., & Anderson , M. (1984). The effects of movement velocity, mass displacement and task certainty on associated postural adjustments made by normal and hemiplegic individuals . *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 47, 1020-1028.
- Jayakaran, P., Johnson, G. M., & Sullivan, S. J. (2011). Test-Retest Reliability of the Sensory Organization Test in Older Persons With a Transtibial Amputation . *PM&R*, 723-729.
- Kwakkel, G., & Van Peppen, R. (2002). De CVA-patiënt in evenwicht. In G. Kwakkel, & R. Van Peppen, *Jaarboek Fysiotherapie-Kinesitherapie 2002* (pp. 2,45-58). Houten: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Lajoie, Y., Teasdale, N, Bard, C, & Fleury, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Exp. Brain Res.*, 97, 139–144.
- Langley, F. A., & Mackintosh, S. F. (2007). Functional Balance Assessment of Older Community Dwelling Adults: A systematic Review of the Literature. *The internet Journal of Allied Health Schiences and Practice*.
- Leonard, E. (1990). Balance tests and balance responses: performance changes following a CVA: a review of the literature. *Physiotherapy Canada*, 42, 68-72.
- Maki, B. E., & Mc Lroy , W. E. (1997). The role of limb movements in maintaining upright stance: the 'change- insupport' strategy. *Phys Ther*, 77: 488–507.
- Marsh, A. G. (2000). The effect of age on the attentional demands of postural control. *Gait Posture* 12, 105–113.

- Moore, S., Horak, F., & Nashner, L. (1986). Influence of initial stance position on human postural responses. *J Neurosci* 12, 1301.
- Motek Medical. (sd). *www.motekmedical.com*. Opgeroepen op 6 10, 2013, van *www.motekmedical.com*: <http://www.motekmedical.com/>
- Muratori, L., Lamberg, E., Quinn, L., & Duff, S. (2013). Applying principles of motor learning and control to upper extremity rehabilitation. *Journal of Hand Therapy*, 94-103.
- Murray, M., Seireg, A., & Sepic, S. (1975). Normal postural stability and steadiness: Quantitative assessment. *J Bone Joint Surg* 57, 510-516.
- Nascimento Freire, A., Oliveira Guerra, R., Alvarado, B., Guralnik, J. M., & Zunzunegui, M. V. (2012). Validity and Reliability of the Short Physical Performance Battery in Two Diverse Older Adult Populations in Quebec and Brazil. *SAGE Journals*, 863-878.
- Nasher, L. (1976). Adapting reflexes controlling the human posture. *Exp. Brain Res.*, 5972.
- Nashner, L. (1982). Adaptation of human movement to altered environments. *Trends Neurosci*, 358-61.
- Nashner, L. (1993). Computerized dynamic posturography. In G. Jacobson, C. Newman, & J. Kartush, *Handbook of balance function and testing* (pp. 280-307). St. Louis, MO: Mosby Year Book.
- NeuroCom. (2012). *adt.aspx*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van *www.resourcesonbalance.com*: <http://www.resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/motorImpairment/adt.aspx>
- Neurocom. (2012). *COMPUTERIZED DYNAMIC POSTUROGRAPHY*. Opgeroepen op 4 11, 2013, van *resourcesonbalance.com*: <http://resourcesonbalance.com/program/role/cdp/index.aspx>
- NeuroCom. (2012). *Limits of Stability (LOS)*. Opgeroepen op 5 13, 2013, van <http://resourcesonbalance.com>: <http://resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/motorImpairment/los.aspx>
- NeuroCom. (2012). *Motor Control Test*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van *resourcesonbalance.com*: <http://www.resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/motorImpairment/mct.aspx>
- NeuroCom. (2012). *mSOT*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van *www.resourcesonbalance.com*: <http://www.resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/sensoryImpairment/SOT.aspx>
- NeuroCom. (2012). *resourcesonbalance*. Opgeroepen op 6 19, 2013, van protocols: <http://resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/index.aspx>
- NeuroCom. (2012). *www.resourcesonbalance.com*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van *per.aspx*: <http://www.resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/motorImpairment/per.aspx>
- Pinsault, N., & Vuillerme, N. (2009). Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Medical Engineering & Physics*, 31;276-286.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.*, 142-8.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance. *Clinical Rehabilitation*, 14, 402-406., 14,402-406.

- Rose, D., Lucchese, N., & Wiersma, L. (2006). Development of a multidimensional balance scale for use with functionally independent older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1478-85.
- Shamay, S., & Hui-Chan, C. (2005). The Timed Up & Go Test: Its Reliability and Association with Lower-Limb Impairments and Locomotor Capacities in People with Chronic Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86 (8): 1641–7.
- Shumway-Cook, A., & Horak, F. (1986). Assessing the influence of sensory interaction on balance. *Physical therapy*, 66;1548-50.
- Shumway-Cook, A. W. (1999). Attentional demands and postural recovery: the effects of aging. *J. Gerontol. A: Biol. Sci. Med. Sci.*, 54, M165–M17.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (1995). Assessment and treatment of patients with postural disorder. In A. Shumway-Cook, & M. Woollacott, *Motor Control; Theory and Practical Applications* (pp. 10; 207-224). East Preston Street: Williams & Wilkins.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (1995). *Motor Control: Theory and Practical Application*. Baltimore: William and Walkins.
- Shumway-Cook, A., Horak, F. B., Yardley, L., & Bronstein, A. M. (1996). Rehabilitation of balance disorders in the patient with vestibular pathology. In A. M. Bronstein, T. Brandt, & M. Woollacott, *Balance Posture and Gait* (pp. 212-22). London: Arnold.
- sonneveltopleidingen. (2013, 2 5). *ziekte-van-m%C3%A9re-stoornis-aan-slagklier-en-evenwichtsorgaan*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van sonneveltopleidingen: <http://www.sonneveltopleidingen.nl/artikel/ziekte-van-m%C3%A9re-stoornis-aan-slagklier-en-evenwichtsorgaan>
- Sterke, C. S., Huisman, S. L., van Beeck, E. F., Looman, C. F., & van der Cammen, T. J. (2010). Is the Tinetti Performance Oriented Mobility Assessment (POMA) a feasible and valid predictor of short-term fall risk in nursing home residents with dementia? *Int Psychogeriatr.*, 22(2); 254-63.
- Tinetti, M. E., & Ginter, S. F. (1988). Identifying mobility dysfunctions in elderly patients: Standard neuromuscular examination or direct assessment? *Journal of the American Medical Association*, 259: 1190-3.
- Tinetti, M. E. (1986). Performance oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 34:119-26.
- Tossavainen, T., Juhola, M., Pyykko, I., Aalto, H., & Toppil, E. (2003). Development of virtual reality stimuli for force platform posturography. *International Journal of Medical Informatics*, 70, 277-283.
- Tuunainen, E., Rasku, J., Jantti, P., & Pyykko, I. (2013). Risk factors of falls in community dwelling active elderly. *Auris Nasus Larynx*.
- val- en fractuurpreventie expertisecentrum vlaanderen. (2012). *Tinetti-test*. Opgeroepen op 4 12, 2013, van valpreventie.be: http://www.valpreventie.be/Portals/Valpreventie/Documenten/WZC/EVV_WZC_Tinetti-test.pdf

- Vander, A., Sherman, J., & Luciano, D. (1990). *Human Physiology: The Mechanisms of Body Function (5th ed)*. New York: McGraw-Hill.
- veiligheidNL. (2012, 3). *Vallen 55-plussers*. Opgeroepen op 4 11, 2013, van veiligheid.nl:
[http://www.kennisnetwerkvalpreventie.nl/csi/knvs.nsf/content/3D6A5C95F08C31F8C1257AC9005E4837/\\$file/Cijferfactsheet%20Valongevallen%2055-plussers.pdf](http://www.kennisnetwerkvalpreventie.nl/csi/knvs.nsf/content/3D6A5C95F08C31F8C1257AC9005E4837/$file/Cijferfactsheet%20Valongevallen%2055-plussers.pdf)
- Winter, D. (1979). Biomchanics of Human Movement. In D. Winter, *Biomchanics of Human Movement* (pp. 12-23). New York: John Wiley & Sons inc.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*, 3:193–214.
- www.fysionet.nl. (sd). *berg-balance-scale.pdf*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van www.fysionet.nl:
<http://www.fysionet.nl/kennisplein/vakinhoud/meetinstrumenten/berg-balance-scale.pdf>
- www.meetinstrumentenzorg.nl. (2011, 4 13). *bestanden*. Opgeroepen op 4 4, 2013, van
www.meetinstrumentenzorg.nl:
http://www.meetinstrumentenzorg.nl/Portals/0/bestanden/366_3_N.pdf

Bijlagen

I. Globale balanstesten

- **Functional reach tes (FRT);** Met de functional reach test wordt het vermogen om zo ver mogelijk, in een staande houding, met de armen naar voren te reiken zonder de voeten te verplaatsen of te vallen getest. Het lichaamszwaartepunt wordt bij deze test naar de rand van het steunvlak verplaatst. Dit levert kwantitatief dynamische informatie over het vermogen van de proefpersoon om in een staande positie in balans te kunnen blijven.
Deze test is een valide methode voor de voorspelling van het valrisico (Duncan, Weiner, Chandler, & Studenski, 1992). De functional reach test heeft een hoge betrouwbaarheidswaarde; inter-rater reliability van ICC = 0.98 en een intra-rater reliability van ICC = 0.92 (Duncan et al., 1992).
De functional reach test wordt vaak toegepast bij ouderen met balansproblematiek, die mogelijk is ontstaan als gevolg van ouderdomsprocessen.
- **Berg Balance Scale (BBS);** De Berg Balance Scale (BBS) is een assessment waarin 14 ADL taken worden uitgevoerd. Deze taken worden uitgevoerd in een tijdsbestek van ongeveer 15 minuten, dit hangt af van de mobiliteit van de patiënt. Om deze test te kunnen uitvoeren wordt gebruik gemaakt van een stoel zonder armleuningen met een zithoogte van circa 45 centimeter; een bed, behandelbank of kruk; een voetenbankje van circa 10-20 centimeter hoog; een liniaal van minimaal 25 centimeter en een stopwatch.
In de test worden statische houdingen en dynamische houdingen getest. Bij het aannemen van statische houdingen worden het behouden van staande houdingen en het zitten getest. Bij het behouden van de staande houding worden meerdere testen uitgevoerd met verschillende steunvlakken; zoals staan op twee benen; staan op één been en staan in tandemstand.
De dynamische houdingen bestaan onder andere uit het opstaan uit een stoel en het gaan zitten vanuit stand.

Per onderdeel wordt een score gegeven tussen 0 en 4 punten. Hoe hoger de patiënt scoort, hoe beter het evenwicht is. De maximale score die gehaald kan worden is 56 punten. Bij een score lager dan 45 punten, is de patiënt afhankelijk van hulpmiddelen en/of supervisie. De BBS wordt gebruikt voor patiënten met een valverleden, ouderen, patiënten met neurologische aandoeningen en patiënten met een beroerte. De BBS is een valide assessment en heeft een hoge betrouwbaarheidswaarde; een inter-beoordelaar betrouwbaarheid van 0.98 en een intra-beoordelaar betrouwbaarheid van ICC = 0.98 (Berg, Maki, Williams, Holliday, & Wood-Dauphinee, 1992).

- **Timed 'get up and go' test;** Bij de timed 'get up and go' test (TUG test) wordt de tijd van een bepaald traject in seconden gemeten. Dit traject omvat de tijd waarin de proefpersoon uit een stoel kan opstaan, daarna drie meter afstand lopend aflegt, omkeert, terugloopt naar de stoel en weer gaat zitten. Bij de startpositie zit de proefpersoon in de stoel met de voeten op de grond en de armen rustend op de leuning. De proefpersoon moet zonder hulpmiddelen kunnen opstaan uit de stoel en de afstand kunnen afleggen.
De proefpersonen die de meting binnen 10 seconden hebben uitgevoerd worden beschouwd als 'Normaal'.
De proefpersonen die de meting binnen 11 tot 20 seconden hebben uitgevoerd worden beschouwd als 'Kwetsbare ouderen (frail)'.
Wanneer de proefpersonen langer dan 20 seconden doen over de meting vallen deze proefpersonen onder 'Vereist verdere evaluatie'.
De TUG test wordt beschouwd als een betrouwbare (ICC: 0.99) (Shamay & Hui-Chan, 2005) en valide testmethode om de mobiliteit functioneel te kwantificeren (Podsiadlo & Richardson, 1991).
- **De Fullerton Advanced Balance Scale (FAB);** bestaat uit 10 functionele balanstaken, zowel statisch als dynamisch, met variërende sensorische condities. Deze taken worden uitgevoerd in een tijdsbestek van ongeveer 10 minuten. Om de test te kunnen uitvoeren wordt er gebruik gemaakt van een stopwatch, een 15 centimeter hoog bankje, markeertape, een vierkant stuk schuim en een metronoom.
Voor statische balanstesten worden houdingen aangenomen waarbij gevarieerd wordt met de grootte van het steunvlak. Om de sensorische condities te veranderen, worden statische houdingen bijvoorbeeld aangenomen op een stuk schuim. Voor de dynamische houdingen worden testen gedaan door onder andere stap voor stap over een lijn te lopen. Een voorbeeld van een dynamische houding met variërende sensorische conditie is het lopen met een metronoom. De patiënt loopt recht vooruit met het hoofd heen en weer bewegend op de maat van de metronoom.
Per onderdeel wordt een score gegeven tussen 0 en 4 punten. Hoe hoger de score van de patiënt is, hoe beter het evenwicht is. Deze test wordt gebruikt om de balans te testen bij ouderen, Parkinson patiënten, patiënten met traumatisch hersenletsel en bij Fibromyalgia patiënten. De FAB scale is een valide assessment door een goede correlatie met de BBS scores; $R_s = 0.75$ en heeft een hoge betrouwbaarheidswaarde; $R_s = 0.96$ (Rose, Lucchese, & Wiersma, 2006).
- **Tinetti Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA);** Met de POMA volgens Tinetti (1986) kunnen de balans- en mobiliteitsvaardigheden bij ouderen geëvalueerd worden en de kans op vallen worden vastgesteld (Tinetti, 1986; Tinetti & Ginter, 1988).
Voor het testen van balans wordt de patiënt onder negen condities getest. De condities worden met een driepuntige ordinale schaal (van 0 tot en met 2) beoordeeld. Bij een lage score heeft de patiënt een grote kans op vallen. De benodigde instrumenten voor de test zijn; een harde stoel zonder leuning en een stopwatch. De gevonden ICC waarde bij de POMA is 0.84 (Canbek, Fulk, Nof, & Echternach, 2013).
- **Short Physical Performance Battery;** Het short physical performance battery assessment (SPPB) wordt toegepast om mobiliteit bij patiënten te testen. Met dit assessment kunnen de gangsnelheid, staande balans, kracht van de spieren van de onderste extremiteit en het uithoudingsvermogen van patiënten worden geëvalueerd.
Het assessment bestaat uit drie verschillende onderdelen.
In het eerste onderdeel wordt het uithoudingsvermogen getest. Aan de patiënt wordt gevraagd om vijf keer op te staan vanuit een zittende positie op een stoel. De totale duur hiervan wordt genoteerd, hieruit komt een score voort. Hier wordt een score van 0 (het niet kunnen uitvoeren) tot 4 (binnen een tijd van 11,1 seconden) gegeven.

Bij het tweede onderdeel wordt de balans van de patiënt in een staande houding getest. Hierbij wordt de balans van de patiënt bij drie verschillende standen, op verschillende steunvlakken getest. Deze standen zijn; normale stand (voeten naast elkaar), semi-tandem stand (voeten voor elkaar, met de hiel tegen de grote teen van de andere voet aan) en tandemstand (voeten recht voor elkaar). Per stand wordt een score van 0 (het niet kunnen uitvoeren) tot 2 (10 seconden in de gevraagde stand kunnen blijven).

Bij het derde en het laatste onderdeel wordt de loopsnelheid getest. Hierbij wordt aan de patiënt gevraagd om een afstand van 8 voet (2,44 meter) af te leggen. De tijd die de patiënt hiervoor nodig heeft wordt gemeten en beoordeeld met een score van 0 (het niet kunnen uitvoeren) tot 4 (binnen een tijd van 3,1 seconden).

De SPPB is een valide en betrouwbaar assessment (test-retest ICC betrouwbaarheidswaarde van .89 (CI: 95%=0.83,093) (Nascimento Freire, Oliveira Guerra, Alvarado, Guralnik, & Zunzunegui, 2012)).

II Neurocom assessments

II.I Assessments Smart Equitest

Assessments waarmee de sensorische organisatie beperkingen getoetst worden:

- **Sensory Organisation Test (SOT)**; Met de SOT kunnen de visuele, vestibulaire en proprioceptieve balans worden gemeten. De patiënt gaat in een open cabine staan op een krachtenplatform. De cabine en het krachtenplatform kunnen afzonderlijk of met elkaar naar voren of naar achter kantelen. De kanteling van het krachtenplatform in een stilstaande cabine zorgt voor verstoring van de proprioceptie. De kanteling van de cabine met een stilstaand krachtenplatform genereert een verstoring van de visuele balanscontrole. De CoP verplaatsing van de patiënt bij de verschillende situaties wordt drie keer gemeten.

Assessments waarmee de motorische coördinatie beperkingen getoetst worden:

- **Motor Control Test (MCT)**; Met MCT wordt het vermogen van de patiënt om zo snel mogelijk zijn/haar balans te herstellen, na een onverwachte externe verstoring, gemeten. Het platform transleert in drie achtereenvolgende metingen met kleine, modale en grote sequenties naar voren en naar achteren. Op deze manier wordt de posturale controle bij de patiënt uitgelokt. Bij de metingen worden de begintijd, kracht en verdeling van het gewicht op beide voeten en de posturale controle gemeten. Iedere situatie wordt driemaal herhaald en gemeten.
- **Adaptation Test (ADT)**; Met de Adaptation Test (ADT) wordt het motorisch aanpassingsvermogen en verplaatsing van het lichaamszwaartepunt van de patiënt tijdens een abrupte kanteling van het krachtenplatform gemeten
- **Postural Evoked Response test (PERT)**; analyseert de respons van de onderbeenspieren (gastrocnemius en tibialis). Hiermee wordt de automatische reactie van een vrijstaande patiënt op een onverwachte externe balansverstoring gemeten. De drie componenten van PER zijn; short latency, medium latency en long latency respons.
De PERT analyseert de reactie door het kwantificeren van de contractiële activiteiten van de primaire extensoren en flexoren van het enkelgewricht tijdens de kanteling van het krachtenplatform. De contractiële eigenschappen worden opgenomen met behulp van oppervlakkige EMG elektrodes, geplaatst op de mediale gastrocnemius en de tibialis anterior
- **Adaptation Test (ADT)**; Met de ADT wordt het motorisch aanpassingsvermogen en verplaatsing van het lichaamszwaartepunt van de patiënt tijdens een abrupte kanteling van het krachtenplatform gemeten. Bij elke platformkanteling kwantificeert een kantelingsenergiescore de benodigde reactiekracht om de geïntroduceerde posturale instabiliteit te overwinnen.
- **Limits of Stability (LoS)**; bij LoS wordt de patiënt gevraagd om in een rechtop staande positie zonder zijn/haar voeten te verplaatsen zijn/haar LZP zo snel en accuraat mogelijk naar acht gegeven targets in acht verschillende richtingen te verplaatsen.
- **Rhythmic Weight Shift (RWS)**; Met de RWS test wordt het vermogen van de patiënt om ritmisch zijn/haar LZP op drie snelheden tussen twee targets van links naar rechts te bewegen.

- **Weight Bearing Squat (WBS)**; Bij de WBS test wordt het lichaamsgewicht verdeling over de benen bij vier houdingen (0° (recht opstaande positie), 30°, 60° en 90° knieflexie) geëvalueerd.

Assessments waarmee de functionele posturale controle geëvalueerd wordt:

- **Unilateral Stance (US)**; Met de US test kan de posturale controle tijdens staan op één been (zowel op het linker als het rechterbeen) met ogen open en ogen dicht gedurende tien seconden worden gemeten.

II.II. Balance Master assessments

Assessments waarmee de sensorische organisatie beperkingen getoetst worden:

- **modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB)**; De modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) is gesimplificeerd afgeleid van de SOT. Met mCTSIB wordt de sway van de patiënt gedurende vier sensorische condities gemeten.

Assessments waarmee de motorische coördinatie beperkingen getoetst worden:

- **Limits of Stability (LoS)**; bij LoS wordt de patiënt gevraagd om in een rechtop staande positie zonder zijn/haar voeten te verplaatsen zijn/haar LZP zo snel en accuraat mogelijk naar acht gegeven targets in acht verschillende richtingen te verplaatsen
- **Weight Bearing Squat (WBS)**; Hier wordt de gewichtsverdeling op de beide benen in vier positie van knieflexie gekwantificeerd.

Assessments waarmee de posturale controle tijdens de ADL taken getoetst worden

- **Sit-To-Stand (STS)**; Met de STS test wordt het vermogen van de patiënt om vanuit een zitpositie op te staan.
- **Walk Across (WA)**; Bij de WA wordt de karakteristieke van de gang bij een patiënt tijdens het heen- en-weer over een krachtenplatform getest.
- **Tandem Walk (TW)**; Met de TW test kunnen de karakteristieken van de gang van een patiënt gedurende tandem gang gekwantificeerd worden.
- **Step/Quick Turn (SQT)**; Hier wordt het vermogen van de patiënt om twee stappen te lopen en daarna 180 graden om te keren geëvalueerd.
- **Step UP/Over (SUO)**; Bij de SUO wordt de motor-coördinatie eigenschappen tijdens lopen over een plateau gemeten. Aan de patiënt wordt gevraagd om met een voet op de plateau te stappen en daarna met de ander voet over de plateau zwaaien.
- **Forward Lunge (FL)**; Bij FL test worden bewegingseigenenschappen van de patiënt gedurende lunges (met een been naar voren stapen en daarna met hetzelfde been tegen de ondergrond duwen om weer rechtop) gekwantificeerd

III. STABLE assessments

Testen voor motor-coördinatie:

- **Limits of Stability Envelope (LoS E):** Bij het assessment 'limits of stability envelope' wordt de verplaatsing van de maximale Centre of Pressure (CoP) in acht verschillende richtingen gemeten. De proefpersoon wordt bij dit assessment uitgedaagd om zijn CoP in alle acht richtingen zo snel naar een target te bewegen om deze zover mogelijk te verschuiven zonder de voeten te verplaatsen.
- **Limits of Stability Mediaal-Laterale richting (LoS M-L) :** De applicatie voor het assessment omvat een door het CoP bestuurd bol, met een balk aan de linkerkant en de rechterkant van de bol. De proefpersoon duwt de balken zover mogelijk naar links en rechts door zijn CoP dusdanig te verplaatsen. Één meting omvat een verplaatsing van het CoP naar links en naar rechts. In dit assessment vinden drie metingen plaats.
- **Limits of Stability anterior-posteriore (LoS A-P):** De applicatie voor het assessment omvat een door het CoP bestuurd bol, met een balk aan de voorkant en de achterkant van de bol. De proefpersoon duwt de balken zover mogelijk naar voren en achteren door zijn CoP dusdanig te verplaatsen. Één meting omvat een verplaatsing van het CoP naar voren en naar achteren. In dit assessment vinden drie metingen plaats.
- **Visual Tracking (VT):** Meet het vermogen om een visuele tracking taak uit te voeren, waarbij de frequentie dat de patiënt een doel niet kan volgen gebruikt wordt. In dit assessment wordt de proefpersoon uitgedaagd om zijn Centre of Pressure (CoP) in mediaal-laterale richting te verplaatsen. De proefpersoon moet een doelwit, dat op verschillende frequenties beweegt, volgen met zijn CoP. Acht verschillende frequenties, variërend van 0.1 tot 0.8 Hz, worden twee keer gepresenteerd. De frequenties verschijnen in onwillekeurige volgorde.
- **Speed Knee Bend (SKB):** De applicatie van het assessment wordt uitgevoerd door beide knieën te buigen om een verschijnend doelwit zo snel mogelijk te raken. Het lichaamsgewicht moet ten alle tijden gedragen worden. Na het raken van het doelwit moet de proefpersoon zijn/haar benen weer strekken, zodat een volgend doelwit kan verschijnen na onbepaalde tijd. Het assessment omvat vijf metingen.
- **Dynamic Stability (DS):** Meet de bewegingstijd, nodig voor het aanpassingsvermogen in het dagelijks leven, wat een voorwaarde is om een val te voorkomen. Dit assessment meet de dynamische stabiliteit. De proefpersoon wordt uitgedaagd zo snel mogelijk naar voren te stappen zonder de balans te verliezen. De proefpersoon staat in een rechtopstaande positie achter de krachtplaat met de voeten naast elkaar.

Globale assessments voor balans:

- **Postural Stability (PS):** Berekend de standaardafwijking van het lichaamsswaartepunt terwijl de patiënt stilstaat op beide voeten met de ogen open; stilstaand op beide voeten met de ogen dicht; in de tandemstand of in de één-been-stand. In dit assessment wordt de afwijking in de verplaatsing van Centre of Pressure (CoP) van de proefpersoon gemeten in vier verschillende standen. De proefpersoon wordt gevraagd 10 seconden stil te staan zonder te bewegen. De meting wordt uitgevoerd bij het staan op beide voeten met de

ogen open; op beide voeten met de ogen dicht; in de tandemstand met de ogen open en staand op het dominante been met de ogen open.

- **Functional Reach (FR):** Deze test meet de afstand (cm) tussen de armlengte en het maximaal vooruit reiken, waarbij een gefixeerde ondersteuningsbasis gebruikt wordt. Bij dit assessment kan de functionele bereik van een proefpersoon worden gemeten. Het functioneel bereik is de maximale afstand die men naar voren kan reiken voorbij de armlengte vanuit een stilstaande positie.

III. ISTABLE assessment protocollen

Voorafgaande aan de proef worden instructies gegeven aan de proefpersoon over de assessments die uitgevoerd zullen worden. De instructies worden per assessment gegeven zoals later beschreven. Als de proefpersoon heeft aangegeven de instructies te hebben begrepen en is gepositioneerd wordt STABLE gekalibreerd en de meting uitgevoerd.

Protocol Functional Reach;

Stap 1) Plaats de markers op beide handen van de proefpersoon. De markers worden geplaatst op het caput van de derde metacarpale.

Stap 2) Instructeer de proefpersoon plaats te nemen op de forceplate met het gezicht naar het scherm.

Stap 3) Instructeer de proefpersoon de voeten op schouderbreedte te plaatsen en de armen omhoog te tillen (90 graden in anteflexie).

Stap 4) Instructeer de proefpersoon tijdens de meting zover mogelijk naar voren te reiken zonder dat de hielen van de grond af komen. Wanneer de maximale reikdiepte is behaald dient de proefpersoon terug te komen naar de originele positie met de armen in 90 graden anteflexie.

Stap 5) Selecteer 'Calibrate' en daarna 'Play'.

Stap 6) Selecteer 'next measurement' als de originele positie is bereikt.

De stappen 2 tot en met 6 worden in totaal driemaal uitgevoerd.

Wanneer een fout wordt gemaakt in de meting, wordt deze beëindigt en zal het protocol opnieuw worden herhaald.

Protocol Limits of stability Mediaal Lateraal;

- Stap 1) Instructeer de proefpersoon plaats te nemen op de forceplate met het gezicht naar het scherm.
- Stap 2) Instructeer de proefpersoon de voeten naast elkaar te plaatsen, waarbij het lichaamszwaartepunt in het midden geplaatst wordt.
- Stap 3) Instructeer de proefpersoon tijdens de meting zijn/haar zwaartepunt zover mogelijk van links naar rechts te bewegen.
- Stap 4) Zorg dat de proefpersoon goed geïnstrueerd en gepositioneerd is.
- Stap 5) Selecteer 'Calibrate' en daarna 'Play'.
- Stap 6) Selecteer 'Next measurement' wanneer een meting afgerond is.

De stappen 1 tot en met 6 worden in totaal tweemaal uitgevoerd.

Wanneer een fout wordt gemaakt in de meting, wordt deze beëindigt en zal het protocol worden herhaald.

Protocol Limits of stability Anterior Posterior;

- Stap 1) Instructeer de proefpersoon plaats te nemen op de forceplate met het gezicht naar het scherm.
- Stap 2) Instructeer de proefpersoon de voeten naast elkaar te plaatsen met het lichaamszwaartepunt in het midden.
- Stap 3) Instructeer de proefpersoon tijdens de meting zijn/haar zwaartepunt zo ver mogelijk van voren naar achteren te bewegen.
- Stap 4) Zorg dat de proefpersoon goed geïnstrueerd en gepositioneerd is.
- Stap 5) Selecteer 'Calibrate' en daarna 'Play'.
- Stap 6) Selecteer 'Next measurement' wanneer een meting afgerond is.

De stappen 1 tot en met 6 worden in totaal tweemaal uitgevoerd.

Wanneer een fout wordt gemaakt in de meting, wordt deze beëindigt en zal het protocol worden herhaald.

Protocol Posterial stability;

- Stap 1) Instructeer de proefpersoon plaats te nemen op de forceplate met het gezicht naar het scherm.
- Stap 2) Instructeer de proefpersoon over de tijdens de metingen verschillende in te nemen posities.
- Stap 3) Selecteer 'Calibrate' en daarna 'Play'.
- Stap 4) Instructeer de proefpersoon met twee benen naast elkaar te staan met de ogen open (positie 1).
- Stap 5) Instructeer de proefpersoon 10 seconden zo stil mogelijk staan tot de oranje bar compleet is.
- Stap 6) Selecteer 'Next measurement' wanneer de meting afgerond is.
- Stap 7) Instructeer de proefpersoon met twee benen naast elkaar te staan met de ogen dicht (positie 2).
- Stap 8) Instructeer de proefpersoon 10 seconden zo stil mogelijk staan tot de oranje bar compleet is.
- Stap 9) Selecteer 'Next measurement' wanneer de meting afgerond is.
- Stap 10) Instructeer de proefpersoon in tandemstand te staan (positie 3).
- Stap 11) Instructeer de proefpersoon 10 seconden zo stil mogelijk staan tot de oranje bar compleet is.
- Stap 12) Selecteer 'Next measurement' wanneer de meting afgerond is.
- Stap 13) Instructeer de proefpersoon op één been te staan, waarbij het dominante been gebruikt wordt (positie 4).
- Stap 14) Instructeer de proefpersoon 10 seconden zo stil mogelijk staan tot de oranje bar compleet is.
- Stap 15) Selecteer 'Stop' wanneer deze meting afgerond is.

Wanneer een fout wordt gemaakt in de meting (zoals de verplaatsing van de voeten), wordt deze beëindigt en zal het protocol opnieuw worden herhaald.

Protocol Knee bend speed;

Stap 1) Plaats markers in het midden van de patella.

Stap 2) Instructeer de proefpersoon om achter de krachtplaat te gaan staan, met de voeten op schouderwijdte van elkaar af, met het gezicht naar het scherm.

Stap 3) Instructeer de proefpersoon een kniebuiging te maken om het doelwit te raken, zodra het doelwit verschijnt tijdens de meting.

Stap 4) Instructeer de proefpersoon terug te gaan naar de startpositie als het doelwit geraakt is.

Stap 5) Selecteer 'Calibrate' en daarna 'Play'.

Na vijf metingen wordt de applicatie automatisch beëindigd.

Wanneer een fout wordt gemaakt in de meting, wordt deze beëindigd en zal het protocol opnieuw worden herhaald.

Protocol Dynamic Stability;

Stap1) Instructeer de proefpersoon om achter de krachtplaat te gaan staan, met de voeten op schouderwijdte van elkaar af, met het gezicht naar het scherm.

Stap2) Instructeer de proefpersoon om de rechterzijde van de krachtplaat met de rechtervoet aan te tikken na het zien van kleurverandering in de rechterzijde van het rechthoekig vlak op het scherm. Bij het zien van een kleurverandering in het linkervlak dient met de linkervoet de linkerzijde van de krachtplaat aangetikt te worden.

Stap 3) Instructeer de proefpersoon om na het aantikken van de krachtplaat zijn/haar voeten weer achter de krachtplaat te plaatsen.

Stap 4) Selecteer 'Calibrate' en daarna 'Play'.

Stap 5) Het assessment eindigt automatisch na vijf metingen van elke voet.

Protocol Visual Tracking;

Stap 1) Selecteer de knop 'Zero Level forces' om de krachtplaat in nulstand te brengen.

Stap 2) Instructeer de proefpersoon om in het midden van de krachtplaat te gaan staan, met de voeten op schouderwijdte van elkaar af, met het gezicht naar het scherm.

Stap 3) Leg het doel van de applicatie uit aan de proefpersoon; het doel van de applicatie is om zo goed mogelijk de grijze bol op de blauwe bol te houden, waarbij de grijze bol wordt bewogen door het zwaartepunt van de proefpersoon.

Stap 4) Instructeer de proefpersoon zijn/haar zwaartepunt tijdens de meting naar links en rechts te bewegen, in overeenstemming met de beweging van het doelwit.

Stap 5) Zorg dat de proefpersoon goed geïnstrueerd en gepositioneerd is.

Stap 6) Selecteer 'Calibrate' en daarna 'Play'.

Wanneer een fout wordt gemaakt in de meting, wordt deze beëindigd en zal het protocol opnieuw worden herhaald.

IV. Deelnameformulier

Datum:

DEELNAMEFORMULIER ONDERZOEK STABLE

Voor deelname aan dit onderzoek is het van belang dat uw gezondheid goed is, vooral op het gebied van evenwicht en balans. Alle vragen op dit formulier zijn strikt vertrouwelijk.

Naam (achternaam, voornaam):	☐ M ☐ V
Lengte:	Gewicht:

VRAGENLIJST GEZONDHEID

Heeft u recente blessures/klachten rondom:

		Toelichting
Voet /Onderbeen	☐	
Bovenbeen/Heup	☐	
Rug	☐	
Arm/hand	☐	
Nek/hoofd	☐	
Anders:	☐	

Heeft u recent last gehad van:

Duizeligheid of een licht gevoel in het hoofd	☐	
Vermoeidheid/lusteloosheid	☐	
Slapeloosheid	☐	
Wazig zien of vlekken voor de ogen zien	☐	

Benauwdheid	☐	
Flauw vallen	☐	
Hartkloppingen	☐	
Een drukkend of beklemmend gevoel op de borst	☐	
Anders:	☐	

V. Proprioceptie

De letterlijke vertaling van proprioceptie is zelfwaarneming. In de fysiologie wordt de term proprioceptie gebruikt voor het behouden van een stand en voor het veranderen van stand. De houdingen van het lichaam worden door de gespecialiseerde zintuigen gesignaleerd en teruggekoppeld naar het bewustzijn. Voor controle van bewegingen en houdingen zijn vijf verschillende grootheden van belang.

1. Positie van de lichaamsdelen ten opzichte van elkaar
2. Snelheid en richting van lichaamsdelen ten opzichte van elkaar
3. Mechanische belasting van het bewegingsapparaat
4. Positie van het lichaam ten opzichte van de zwaartekracht
5. Verandering van snelheid en richting tijdens het bewegen ten opzichte van de omgeving

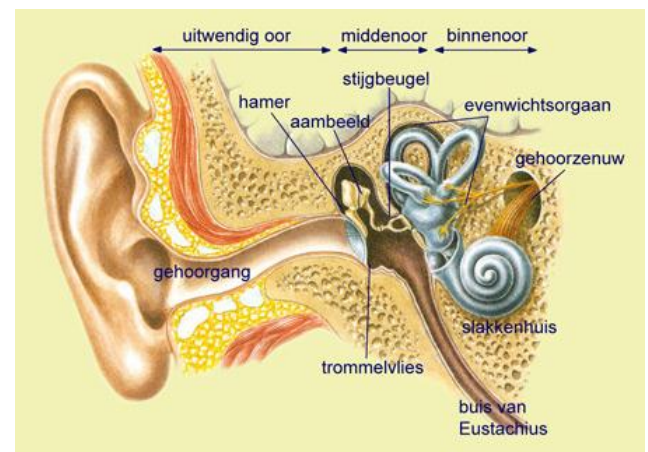


Figure 1, anatomie evenwichtsorgaan (sonneveltoopleidingen, 2013)

De eerste drie grootheden worden door het bewegingsapparaat waargenomen door middel van propriosensoren in spieren, pezen en gewrichten. Het evenwichtsorgaan registreert grootheden vier en vijf. Omdat het evenwichtsorgaan anatomisch verbonden is met het gehoororgaan (Figuur 1), bevindt dit zich buiten het bewegingsapparaat en neemt daardoor een aparte plaats in binnen de proprioceptie.

Doordat beide evenwichtsorganen in het hoofd zitten nemen deze alleen de bewegingen van het hoofd waar. Door de feedback van de evenwichtsorganen te combineren met de proprioceptie van de nek, kan de positie van het hoofd ten opzichte van het lichaam worden bepaald. Een samenwerking tussen de proprioceptie en de exteroceptie (prikkel extern van het lichaam) zijn van belang bij het goed handhaven van bewegingen. De proprioceptie geeft feedback aan het centrale zenuwstelsel (CZS) over de hoekstanden van gewrichten, hoeveel een spier wordt verkort en hoeveel kracht er bijvoorbeeld wordt gebruikt bij het vasthouden van een voorwerp.

De exteroceptie geeft informatie over de handelingen die gedaan worden. Handelingen worden waargenomen met de ogen en gevoeld door de huid.

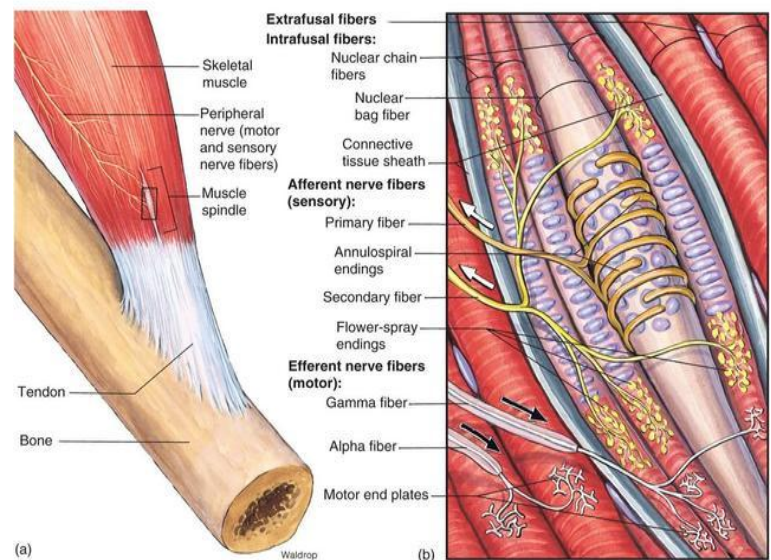
Als een persoon op een boksbal slaat, geeft de proprioceptie feedback over de spierveranderingen (verkorten van triceps, verlengen van biceps) en de stand van de gewrichten (het strekken van de elleboog). De exteroceptie geeft feedback over het waarnemen van de boksbal; zowel door middel van tast, als de visuele feedback van de ogen (het zien van de boksbal) en de auditieve feedback van de oren (het geluid bij het raken van de boksbal).

Sensoren in het bewegingsapparaat

De sensoren van het bewegingsapparaat komen voor in de bindweefselstructuren van de spieren, gewrichtskapsels, ligamenten, etc. Deze sensoren zijn mechanosensoren en nemen vervormingen van het bindweefsel waar. Door interne en/of externe krachten op het lichaam verandert de lichaamshouding waardoor vervormingen plaats vinden in de structuren. In structuren waar de meeste krachten optreden worden de meeste mechanosensoren aangetroffen. Dit is meestal bij een overgang van de ene bindweefselstructuur naar de andere. Voorbeelden hiervan zijn pezen, fascie(bindweefsel rond spieren, botten en gewrichten) en het bindweefsel naar het skelet.

De spierspoel

De spierspoel (figuur 5) heeft een gemiddelde lengte van 5 mm en een dikte van 0.1 mm. De spierspoel is een lengtedetector die zich in de spieren van het bewegingsapparaat bevindt. Deze sensoren zijn de belangrijkste proprioceptoren voor het waarnemen van standen van gewrichten, snelheid en richten van bewegingen op gewrichtsniveau. De sensor bestaat uit spierweefsel. Dit blijkt uit het feit dat de spierspoel kan contraheren door middel van het zenuwstelsel. Door het contraheren kan de gevoeligheid van de spierspoel worden aangepast. Dit vindt plaats in verschillende toestanden van paraatheid en fysieke belasting.



Figuur 2, schematische weergave en ligging van spierspoel (sonneveltoeleidingen. 2013)

Het evenwichtsorgaan

Het evenwichtsorgaan, ook wel bekend als het vestibulaire apparaat, bewaakt samen met het gezichtsvermogen het lichamelijk evenwicht. Het evenwichtsorgaan kan door zijn unieke bouw informatie geven over de stand van het hoofd van de persoon zich bevindt in de ruimte. In het evenwichtsorgaan zijn een drietal halfcirkelvormige kanalen (figuur 6), die ieder een bepaalde positie hebben. In de kanalen bevindt zich een geleimassa. Deze geleimassa wordt beïnvloed door de zwaartekracht en versnellingen. De verplaatsing van de geleimassa wordt door kleine haartjes (cilia) in de kanalen waargenomen (figuur 3). Door de richting te

signaleren waar de haartjes heen worden getrokken kan er onderscheidt worden gemaakt tussen onder en boven, naar voren en naar achter versnellen/vertragen en linksom of rechtsom draaien.

De halfcirkelvormige kanalen dragen een belangrijke rol in het regelen van de stabiele stand van de ogen in de ruimte. Dit komt doordat een gekoppelde reflex zich bevindt tussen het evenwichtsorgaan en de ogen. Bij het heen en weer bewegen van het hoofd kan een persoon zijn zicht op een vast punt behouden. Bij het omgekeerde (de omgeving beweegt, maar het hoofd blijft stil staan) wordt het kijken naar een vast punt een stuk lastiger voor de persoon.

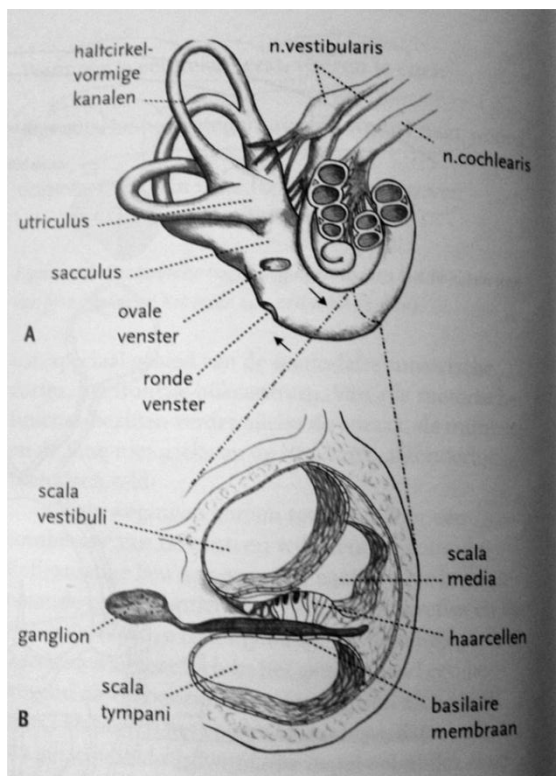


Figure 3, (Burgerhout, Mook, Morree, & Zijlstra, 2006)