

AFSTUDEERARTIKEL

Bachelor Fysiotherapie

Fysieke fitheid bij ouderen met downsyndroom

Liesbeth van Mill

Studentnummer: 01552164

Hogeschool Utrecht

Begeleider HU: Bart Poot

Met dank aan: Thessa Hilgenkamp

Juni 2012

Verschillen in fysieke fitheid tussen ouderen met downsyndroom en ouderen met een verstandelijke beperking zonder downsyndroom

Liesbeth van Mill¹, Bart Poot¹, Thessa Hilgenkamp²

¹Hogeschool Utrecht, ²Abrona, Huis ter Heide

SAMENVATTING

Achtergrond: Mensen die geboren zijn met het down syndroom (DS) verschillen fysiek van mensen met een verstandelijke beperking (VB) zonder DS. Bekend is dat ouderen met een VB fysiek minder fit zijn dan de gezonde mensen van dezelfde leeftijd en dat jongere mensen met DS lager scoren dan jongeren met een VB op onderdelen van fysieke fitheid: inspanningscapaciteit, kracht en flexibiliteit. Onbekend is of ouderen met DS verschillen van ouderen met een VB wat deze onderdelen van fysieke fitheid betreft. **Vraagstelling:** hoe scoren ouderen met DS op kracht, uithoudingsvermogen en flexibiliteit, in vergelijking met ouderen met een verstandelijke beperking zonder DS?

Methode: Er zijn tests voor fysieke fitheid afgenomen bij 745 ouderen met een verstandelijke beperking, waarvan 127 met DS. Voor spierkracht is gemeten doormiddel van de Jamar dynamometer, voor spierkrachtuithoudingsvermogen met de 30S CS, voor flexibiliteit met de EMBSSR en voor uithoudingsvermogen met de ISWT. **Resultaten:** Ouderen met DS scoorden significant lager op spierkracht en spieruithoudingsvermogen en significant hoger op flexibiliteit. Wat uithoudingsvermogen betreft zijn er geen significante verschillen gevonden. **Conclusie:** In het onderzoek naar fysieke fitheid bij ouderen met DS, zijn significante verschillen gevonden op spierkracht, spieruithoudingsvermogen en flexibiliteit. Deze doelgroep verdient specifieke aandacht bij bewegingsinterventies en bij verder onderzoek.

Grote veranderingen zijn er de laatste halve eeuw opgetreden onder mensen met downsyndroom (DS). Het aantal mensen met DS stijgt, wat vooral te maken heeft met een stijgende levensverwachting. Was de levensverwachting in 1949 nog 12 jaar, in 2002 was dit bijna 60 (Bittles & Glasson, 2004; Glasson et al., 2002). De stijgende levensverwachting heeft onder andere te maken met de vroegtijdige veroudering van mensen met DS en een steeds beter ontwikkelde gezondheidszorg (Beacher et al., 2010; Burt et al., 2005; Nakamura & Tanaka, 1998; Roth et al., 1996). Dit zorgt ervoor dat steeds meer aan DS gerelateerde problemen behandeld kunnen worden en er andere gezondheidsproblemen ontstaan. Daarnaast is het stijgende aantal

mensen met DS te verwijten aan de vergrijzing, waarbij ook het aantal ouderen met DS stijgt.

Op dit moment heeft van de levendgeborenen in Nederland in 2003 0,16% DS (Weijerman et al., 2008) en is een kwart van de mensen met DS tussen de 58 en de 63 jaar (Glasson et al., 2002). De verwachting is dat de levensverwachting zal blijven stijgen, waardoor dus ook het aantal ouderen met DS zal stijgen (Bittles & glasson et al., 2004; Esbensen, 2010; Glasson et al., 2002).

Specifieke en vaak herkenbare kenmerken van mensen met DS zijn: een abnormale vorm van de schedel, korte en brede vingers, brede handen en een kleine gestalte (Roizen & Patterson, 2003). Minder opvallende, maar wel belangrijke kenmerken zijn:

spierhypotonie, mentale retardatie en gewrichtslaxiteit (Roizen & Patterson, 2003). Daarnaast is bekend dat mensen met DS vaak een aangeboren hartafwijking hebben. In Nederland heeft 55% van de pasgeborenen met DS in 2003 een aangeboren hartafwijking (Weijerman et al., 2008).

Een ander belangrijk kenmerk is de fitheid, die verminderd is bij mensen met DS (González-Agüero et al., 2010; Mendonca et al., 2010). Als gekeken wordt naar de gezondheidsproblemen die zich steeds meer ontwikkelen bij ouderen met DS, is fitheid een belangrijk onderdeel wanneer men probeert de risico's op gezondheidsproblemen te verkleinen. Fitheid omvat alles wat men fysiek nodig heeft voor het uitvoeren van activiteiten. Hieronder vallen: stofwisseling, bouw, spierfuncties, coördinatie en uithoudingsvermogen, waarvan de laatste drie te beïnvloeden zijn (Bouchard & Shephard, 1994). Er zijn vrijwel alleen gegevens bekend over mensen met DS jonger dan 50 jaar en resultaten op afzonderlijke onderdelen. Hierbij komt naar voren komt dat kracht (Mercer & Lewis, 2001; Pitetti et al., 1992b), flexibiliteit (Angelopolou, 1999), maximale inspanningscapaciteit (Baynard et al., 2008; Fernhall et al., 2001; Mendonca, 2010; Pitetti et al., 1992a) en coördinatie/balans (Rigoldi et al., 2010) verminderd zijn bij mensen met DS.

Onderzoek naar de oorzaken van de verminderde fysieke fitheid suggereert dat de lagere fysieke fitheid komt door een verminderde maximale inspanningscapaciteit ($VO_2\text{max}$) en een verminderd efficiënt bewegen (Mendonca et al., 2010). Dit zijn tegelijkertijd ook twee van de drie factoren die het meest in verband zijn gebracht met fysieke fitheid bij de gezonde populatie. Van het verminderd efficiënt bewegen wordt verwacht dat het veroorzaakt wordt door een

verstoorde manier van lopen, wat weer veroorzaakt wordt door spierhypotonie en gewrichtslaxiteit (Mendonca et al., 2010). Een verminderde $VO_2\text{max}$ wordt waarschijnlijk veroorzaakt door chronotrope incompetentie, wat inhoudt dat mensen met DS een verminderde maximale hartslag hebben bij inspanning.

Als gekeken wordt naar ouderen met een verstandelijke beperking (VB) waarin de groep met DS valt, komt naar voren dat de hele groep niet voldoende actief is (Hilgenkamp et al., 2012a). Ook komt naar voren dat ongeveer tweederde van de ouderen met een VB onder de laagste limiet scoort op fysieke fitheid, in vergelijking met de algemene populatie ouderen van dezelfde leeftijd (Hilgenkamp et al., 2012b).

In de weinige onderzoeken die gedaan zijn, komt naar voren dat ouderen met DS lager scoren op kracht (Carmeli et al., 2002a; Carmeli et al., 2002b), de 3minutenwandertest (Carmeli et al., 2004) en de Timed-up-and-go-test (Carmeli et al., 2002a; Carmeli et al., 2004). Opvallend is dat op het gebied van flexibiliteit in de onderzoeken geen significante verschillen worden gevonden, hoewel gewrichtslaxiteit een kenmerk van mensen met DS is (Carmeli et al., 2002a; Carmeli et al., 2004). In een artikel van Carmeli et al. (2004) komt naar voren dat een oudere groep met DS (gem. 59 jaar) vergelijkbaar scoort op flexibiliteit in vergelijking met een controle groep met gezonde ouderen van gemiddeld 75 jaar. Dit heeft waarschijnlijk te maken met vroege signalen van het ouder worden bij mensen met DS (Carmeli et al., 2004). Aangezien dit de enige onderzoeken zijn naar fysieke fitheid bij ouderen met DS en er, met de groeiende groep ouderen met DS en hun vroegtijdige leeftijdsgerelateerde veranderingen, behoefte is aan meer kennis op dit gebied, gaat het huidige artikel hier op

in. Gebleken is dat er bij mensen met DS het meeste onderzoek is gedaan naar kracht (Carmeli et al., 2002b; Carmeli et al., 2004; González-Agüero et al., 2010), maximale inspanningscapaciteit (Mendonca et al., 2010) en flexibiliteit (Angelopoulou et al., 2010) en dat er op deze gebieden ook de meeste verschillen te verwachten zijn (Hilgenkamp et al., 2012b). Daarom is de vraagstelling van dit artikel: hoe scoren ouderen met DS op kracht, uithoudingsvermogen en flexibiliteit, in vergelijking met ouderen met een verstandelijke beperking zonder DS? Hierbij houdt uithoudingsvermogen hetzelfde in als maximale inspanningscapaciteit en kracht wordt verder gespecificeerd in spierkracht en spierkrachtuithoudingsvermogen. Op basis van eerder genoemde kenmerken van mensen met DS, de resultaten van fitheid bij jongere mensen met DS (50-) en oorzaken voor de verminderde fitheid bij mensen met DS, wordt er een verminderde fysieke fitheid verwacht bij ouderen met DS, in vergelijking met ouderen met een VB zonder DS (NDS). In het huidige onderzoek wordt inzicht gegeven in fitheidstesten die te gebruiken zijn bij ouderen met een verstandelijke beperking en de fitheid die ouderen met DS bezitten. Het laatst genoemde is belangrijk voor verder onderzoek bij deze doelgroep, onder andere voor mogelijke aanpassingen in bewegingsinterventies, zodat deze beter aansluiten op de mogelijkheden en beperkingen van ouderen met DS.

METHODE

Onderzoeksopzet en deelnemers

Deze studie is een onderdeel van een groot cross-sectioneel Nederlands onderzoek 'Gezond ouder worden met een verstandelijke beperking (GOUD)', uitgevoerd bij drie gezondheidszorginstellingen (Abrona in Huis ter Heide, Amarant in Tilburg en Ipse de

Bruggen in Zwammerdam). Alle 2150 cliënten met een VB ouder dan 50 jaar in deze drie instellingen werden in september 2008 uitgenodigd om mee te doen aan het onderzoek. Als cliënten niet zelfstandig een keuze konden maken, werden wettelijke vertegenwoordigers benaderd. Hiervan wilden 1050 cliënten mee doen aan het onderzoek. Omdat ouderen buiten een instelling niet geïnccludeerd zijn in de huidige studie, zijn de resultaten niet van toepassing op deze groep. Uit het onderzoek GOUD is gebleken dat de 1050 deelnemers geen volledige representatie zijn van de totale studiepopulatie. In een aantal vergelijkingen tussen de deelnemers en de niet-deelnemers waren significante verschillen te vinden. Onder de deelnemers zijn vrouwen, 80-84 jarigen en zelfstandig wonenden met ambulante ondersteuning ondergerepresenteerd. Mensen die wonen met intensieve zorg zijn overgerepresenteerd (Hilgenkamp et al., 2011).

Bij de hele groep is informed consent verkregen, waarbij op elk moment gestopt kon worden wanneer de deelnemer tegenzin uitte (WMO, 1999). Data werd tussen februari 2009 en juli 2010 verzameld, waarbij van de 1050 deelnemers 900 ouderen aan een of meerdere testen mee konden doen. Om te bepalen of het verantwoord was om deelnemers mee te laten doen aan de inspanningstesten werd de revised physical activity readiness questionnaire (rPARQ) van te voren afgenomen door professionele zorgverleners (Thomas et al., 1992). Deze vragenlijst bevat 7 vragen naar de gezondheidstoestand van de deelnemer die met ja of nee konden worden beantwoord. Als er vragen met ja beantwoord of leeg gelaten waren, werd er een huisarts of een arts voor verstandelijk gehandicapten geconsulteerd om zeker te zijn dat meedoen met de test niet schadelijk voor de gezondheid van de deelnemer zou zijn. Was dit wel het geval, dan

mocht de deelnemer niet meedoen aan de 30 seconden Chair Stand en de 10m incremental shuttle walking test (Cardinal et al., 1996).

Meetinstrumenten

Voor de karakteristieken van de studiestudiepopulatie werden geslacht, leeftijd, BMI, de aanwezigheid van DS en de aanwezigheid van een hartaandoening bepaald. Geslacht en leeftijd zijn verkregen via de administratie van de instellingen en de BMI is bepaald door een lengte en gewicht meting, waarna de BMI berekend kon worden (Hilgenkamp et al., 2011). De aanwezigheid van DS en van een hartaandoening werd bepaald aan de hand van de medische dossiers van de deelnemers, opgesteld door een arts voor verstandelijk gehandicapten.

Spijkrachtuithoudingsvermogen werd gemeten met de 30 seconden Chair Stand (30s CS) (Rikli & Jones, 2001). Deze test werd als beste geselecteerd voor ouderen met een VB op dit onderdeel van fysieke fitheid (Hilgenkamp et al., 2010). Bij deze test moest de deelnemer in 30 seconden zo vaak mogelijk vanuit een zittende positie volledig komen staan en weer gaan zitten, zonder gebruik te maken van de handen. De zittende positie is met de voeten op de grond en de knieën in 90° flexie. De deelnemer mocht één keer oefenen en het aantal keer dat de deelnemer volledig was gaan staan werd genoteerd. De betrouwbaarheid en validiteit van de 30s CS zijn goed bij ouderen (Jones et al., 1999; Gill et al., 2012). De intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van de 30s CS zijn goed, respectievelijk een ICC van 0,97-0,98 en ICC van 0,93-0,98 (Gill & McBurney, 2008). De test-hertest betrouwbaarheid op dezelfde dag bij ouderen met een VB is matig (ICC=0,72) (Hilgenkamp et al., 2012c).

De Jamar dynamometer (handdynamometer) werd gebruikt om de spierkracht te meten

(Fess & Moran, 1981). Dit was de enige bruikbare test om functioneel spierkracht te meten bij ouderen met een VB (Hilgenkamp et al., 2010). Hierbij zit de deelnemer op een stoel, met een arm leunend op de leuning, met de elleboog in 90° en de handpalm naar boven gericht. Voorafgaand mocht de deelnemer een oefensessie doen op een rubberen balletje, zodat de deelnemer een goed idee kreeg van de bedoeling van de test. Ook mocht er één maal geoefend worden op de handdynamometer. Bij de echte test zijn drie pogingen gedaan, waarvan de beste genoteerd is. Dit is voor beide handen uitgevoerd met één minuut rust na een poging van links en rechts.

De betrouwbaarheid en validiteit van de Jamar dynamometer zijn goed, in vergelijking met de gouden standaard (Stark et al., 2011) en bij ouderen (Abizanda et al., 2011). De test-hertest betrouwbaarheid voor ouderen met een VB op dezelfde dag was goed (ICC=0,94) (Hilgenkamp et al., 2012c).

Om de flexibiliteit te testen is gekozen voor uitgebreide (extended) versie van de modified back saver sit and reach (EMBSSR) (Hilgenkamp et al., 2010; Hui & Yuen, 2000). Een sit and reach test is de meest voorkomende test om flexibiliteit te meten en van de verschillende uitvoeringen van deze test is de EMBSSR de prettigste en beste qua uitvoering en de meest valide test (Hilgenkamp et al., 2011; Hui & Yuen, 2000). Bij deze test zit de deelnemer goed achterin een stoel met de voeten plat op de grond, waarna de deelnemer een been op een even hoge stoel voor zich legt. Vervolgens reikt de deelnemer zover mogelijk naar voren en probeert zijn tenen aan te raken (of zelfs verder te komen). Als de deelnemer niet verder kan, wordt de afstand tussen de vingertoppen en de laterale malleolus gemeten van het been op de stoel.

De intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid voor de EMBSSR is erg hoog ($r=0,96/0,97$) en er is een goede validiteit voor het meten van flexibiliteit (Hui & Yuen, 2000). De test-hertest betrouwbaarheid op dezelfde dag was goed bij ouderen met een VB ($ICC=0,95/0,96$) (Hilgenkamp et al., 2012c).

De maximale inspanningscapaciteit werd gemeten met de 10m incremental shuttle walking test (ISWT) (Singh et al., 1992). Hierbij loopt de deelnemer vanuit een rustig tempo, met een steeds toenemende loopsnelheid een afstand van 10m in een rondje van 20m (zie figuur 1). De startsnelheid is 0,5m/s en elke minuut wordt dat 0,17m/s versneld, tot een maximale snelheid na 12minuten van 2,37m/s. De testinstructeur draagt een voorgeprogrammeerde MP3-speler, die na de tijd die je over de 10 meter mocht lopen een piepje geeft. De testinstructeur loopt mee aan de binnenkant van de pionnen om de loopsnelheid aan te geven. De deelnemer mocht verder lopen wanneer de drie meter lijn (drie meter voor het startpunt) behaald was binnen de gestelde tijd. Werd dit twee keer achter elkaar niet gehaald of was de deelnemer te benauwd om verder te lopen, dan werd de test gestopt.

De hartslag werd continu gemeten om de mate van inspanning te kunnen beoordelen. Hierbij werd gebruikt gemaakt van een Suunto hartslagmeter. Gebleken is dat een oefensessie nodig is voor valide resultaten (Singh et al, 1992), daarom is bij iedereen de test twee keer afgenomen met een minimale interval van 60 minuten. De beste score werd genoteerd. Uit de test kwam een gelopen aantal minuten, die omgerekend werden naar het aantal gelopen meters

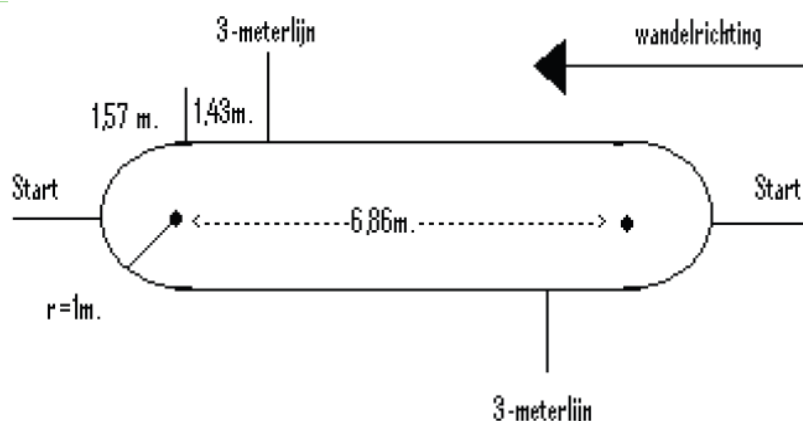
en met een formule omgerekend naar een geschatte $VO_2\max$: $4,19 + 0,025 \cdot \text{gelopen meters} = VO_2\max$ (Singh et al., 1994).

De $VO_2\max$ kon alleen betrouwbaar berekend worden als 85% van de maximale hartslag behaald was. De maximale hartslag is berekend volgens de formule: $Y = 210 - (0,56 \cdot \text{leeftijd}) - (15,5 \cdot \text{DS})$ waarbij personen met DS gecodeerd zijn als 2 en zonder DS als 1 (Fernhall et al, 2001). Onderzocht is dat deze formule de maximale hartslag beter voorspelt bij verstandelijk beperkten, dan de standaard formule ($220 - \text{leeftijd}$) die Singh et al heeft gebruikt (Fernhall et al., 2001).

De test-hertest betrouwbaarheid van de ISWT is goed gebleken bij mensen met hart- en longaandoeningen, met aanbeveling van één oefensessie (Jolly et al., 2008; Singh et al., 1992). De test-hertest betrouwbaarheid werd goed bevonden bij ouderen (Dyer et al., 2002) en bij ouderen met een VB op dezelfde dag ($ICC=0,90$) (Hilgenkamp et al., 2012c).

De $VO_2\max$ en de maximale inspanningscapaciteit zijn valide te voorspellen uit de ISWT (Singh et al., 1994). De relatie tussen de traditionele manier van $VO_2\max$ meten door middel van een loopbandtest met ademgasanalyse en de berekening van de $VO_2\max$ uit de ISWT is goed ($r=0,88$) (Singh et al., 1994).

Figuur 1 Opzet ISWT



Testinstructie

De testen zijn geïnstrueerd door 64 testinstructeurs, die allemaal fysiotherapeut, ergotherapeut of bewegingsagoog zijn en een tweedaagse cursus hebben gevolgd om de testen te kunnen instrueren en beoordelen. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is goed gebleken bij de training (ICCs > 0,90). In verband met de doelgroep is er een aanpassing gedaan wat de testinstructies betreft. De standaard instructies zijn ongeschikt voor mensen met een VB vanwege verschillend gedrag en persoonlijkheden. Om de instructies wat betreft het motiveren van een deelnemer te standaardiseren, is gekozen om elke deelnemer maximaal te motiveren. Dit was mogelijk omdat de testinstructeurs ervaring hebben met mensen met een VB.

Data analyse

Alle data werd geanalyseerd in SPSS 17.0. Als eerste werd gekeken naar mogelijke verschillen tussen de twee groepen DS en NDS op geslacht, leeftijd, BMI en de aanwezigheid van een hartaandoening. Geslacht en de aanwezigheid van een hartaandoening zijn onderzocht op significante verschillen doormiddel van een chi-kwadraattoets. Mogelijke verschillen op het gebied van leeftijd en BMI zijn onderzocht doormiddel van de T-test.

Voor de T-test uitgevoerd kon worden moest er eerst bepaald worden of er een significant verschil in variantie was, dit is gedaan met de Levene's test. Vervolgens werd de T-test uitgevoerd en bij een significant verschil in variantie werd er een door de T-test aangepaste waarde gebruikt als uitkomst. Bij een uitkomst van $p < 0.05$ werd een significant verschil vastgesteld.

Mogelijke verschillen tussen mensen met DS en NDS op de vier fitheidstesten zijn op dezelfde manier als bij leeftijd en BMI bepaald, doormiddel van de T-test.

RESULTATEN

Participatie

Van de 1050 mensen die deel wilden nemen aan het onderzoek, hebben 900 deelnemers aan één of meerdere testen mee kunnen doen. Van deze groep hebben 127 deelnemers DS, dat is 14,1%. 618 deelnemers (68,7%) hebben geen DS en voor 155 deelnemers (17,2%) is het onbekend of ze DS hebben. Deze laatste groep is weggefallen in het huidige onderzoek. In Tabel 3 is te lezen hoe de deelname aan de vier verschillende testen in dit onderzoek is geweest.

Van de totaal 745 deelnemers, waarvan het bekend is of ze DS hebben, hebben er 414 meegedaan aan de 30s CS, 574 aan de test voor de handknijpkracht, 499 aan de EMBSSR en 534 deelnemers hebben met succes de ISWT afgerond. Hiervan kon van 81 deelnemers de $VO_2\text{max}$ berekend worden. Als laatste is er ook nog gekeken naar het percentage van de maximale hartslag wat deelnemers in de ISWT behaalden, dit kon gedaan worden bij 490 deelnemers.

Karakteristieken van de studiepopulatie.

Er is een verschil in variantie gevonden tussen de twee groepen DS en NDS: leeftijd heeft een significantiewaarde van $p=0,000$. Wat betreft leeftijd wordt er ook een significant verschil gevonden tussen de groepen DS en NDS ($p=0,000$). Voor BMI is er geen verschil gevonden in zowel de variantie ($p=0,271$) als voor BMI zelf ($p=0,303$) tussen de groepen DS en NDS. De resultaten zijn te vinden in tabel 1. Wat betreft het geslacht, is er een goede overeenstemming gevonden, een chi-kwadraat van 0,046 ($df=1$, $p=0,846$) (zie tabel 3). Voor de aanwezigheid van een hartaandoening is hetzelfde gedaan, daarbij is wel een verschil gevonden: een chi-kwadraat van 7,746 ($df=1$, $p=0,007$), waarbij mensen met DS vaker een hartaandoening hebben (zie tabel 2).

Tabel 1 Uitkomsten BMI en leeftijd voor de groepen DS en NDS

		Gem.	SD	Levene's Test voor gelijkheid in variantie		T- test voor gelijkheid van de gemiddelden		
				F	p	t	df	p
BMI	DS	26,87	4,79	1,216	,271	,033	173,433	,303
	NDS	27,38	5,19					
Leeftijd	DS	56, 57	4,75	52,404	,000+	11,031	312,840	,000*
	NDS	62,52	8,39					

BMI=body mass index, Gem.=gemiddelde, SD=standaard deviatie, F=toetsingsgrootheid,

p=significantiewaarde, t=toetsingsgrootheid, df=degrees of freedom.

+= verschil in variantie bij $p < 0,05$

*=significant bij $p < 0,05$

Tabel 2 Uitkomsten geslacht en hartaandoening voor de groepen DS en NDS

		DS (%)	NDS (%)	Chi kwadraat	df	p
Geslacht	Man	63 (49,6)	313 (50,6)	,046	1	,846
	Vrouw	64 (50,4)	305 (49,4)			
Hartaandoening	Wel	41 (32,3)	132 (21,4)	7,746	1	,007*
	Niet	83 (65,4)	483 (78,2)			

df= degrees of freedom, p=significantiewaarde

*= significant bij $p < 0,05$

Tabel 3 Uitkomsten fitheidstesten voor de groepen DS en NDS

		N	Gem.	SD	Levene's Test voor gelijkheid in variantie		T- test voor gelijkheid van de gemiddelden		
					F	p	t	df	p
Handknijpkracht in Kg	NDS	491	24,42	9,82	,585	,445	4,651	572	,000
	DS	83	19,07	8,82					
30s CS, aantal keren	NDS	349	9,34	3,34	2,668	,103	2,823	412	,005
	DS	65	8,11	2,55					
EMBSSR in cm	NDS	426	-7,51	13,44	2,283	,131	-7,067	497	,000
	DS	73	4,36	12,13					
VO ₂ max in ml/kg/min	NDS	70	14,55	5,73	,443	,507	1,381	79	,171
	DS	11	12,03	4,84					
Percentage HRmax in %	NDS	410	73,18	16,23	,290	,590	,532	488	,595
	DS	80	72,13	15,94					

30s CS=30seconde chair stand, EMBSSR=Extended modified Back Sit and Saver Reach,

VO₂max=maximale inspanningscapaciteit, Percentage HRmax=percentage van de maximale hartslag,

N=aantal, Gem=gemiddelde, SD=standaarddeviatie, F=toetsingsgrootheid, p=significantiewaarde,

t=toetsingsgrootheid, df=degrees of freedom.

Uitkomsten fitheidstesten

Van de vier fitheidstesten die vergeleken zijn, zijn er op spierkracht, spieruithoudingsvermogen en flexibiliteit significante verschillen gevonden. Wat betreft de VO₂max is een niet significant verschil gevonden. Bij alle testen werd er geen verschil in variantie gevonden. Als gekeken wordt naar de uitkomsten van het percentage van de maximale hartslag, is te zien dat er geen verschil is tussen de twee groepen, ze lijken gelijk in te spannen.

DISCUSSIE

In het huidige onderzoek naar fysieke fitheid bij ouderen met een verstandelijke beperking blijkt dat er een verschil is tussen ouderen met en zonder DS. Ouderen met DS scoren significant lager op spierkracht en spieruithoudingsvermogen en significant hoger op flexibiliteit. Wat betreft de VO₂max zijn er geen significante verschillen gevonden.

De uitkomsten wat betreft kracht zijn vergelijkbaar met de literatuur over kracht bij jongere mensen met DS, waar het verschil tussen mensen met en zonder DS redelijk goed is aangetoond (Carmeli et al., 2011; Mercer & Lewis, 2001; Pitetti et al., 1992b). Bij ouderen kwam ook een verschil in spierkracht naar voren tussen de groepen DS en NDS in twee kleine studies van Carmeli (Carmeli et al., 2002a; Carmeli et al., 2002b). Er is echter wel een verschil in de manier van meten. In het huidige onderzoek is het spieruithoudingsvermogen gemeten met de 30s CS en de spierkracht met een handdynamometer, om de knijpkracht te meten. De knijpkracht bleek de enige functionele en betrouwbare test om spierkracht te meten bij ouderen met een verstandelijke beperking (Hilgenkamp et al., 2010; Mathiowetz et al., 1985). In de

gevonden onderzoeken is de kracht gemeten van de knie-extensoren en knieflexoren of heupabductoren (Carmeli et al., 2011; Mercer & Lewis, 2001; Pitetti et al., 1992b). Een onderzoek specifiek naar knijpkracht wijst erop dat kinderen met DS een verminderde knijpkracht hebben ten opzichte van gezonde kinderen (Morris et al., 1982).

Wat flexibiliteit betreft zijn er bij jonge mensen significante verschillen gevonden tussen mensen met en zonder DS, waarbij mensen met DS flexibeler zijn (Angelopoulou et al., 1999; Parker & James, 1985). In een onderzoek van Parker & James (1985) komt naar voren dat het verloop van de flexibiliteit van kinderen met en zonder DS gelijk is, alleen starten kinderen met DS met een hogere mate van flexibiliteit. Bij ouderen met DS zijn er weinig onderzoeken gedaan naar flexibiliteit en de onderzoeken die er zijn geven wisselende resultaten. In onderzoek is er twee keer een niet-significant verschil gevonden wat flexibiliteit betreft (Carmeli et al., 2002a; Carmeli et al., 2004). Gesuggereerd wordt dat het niet gevonden significante verschil op flexibiliteit te maken heeft met de versnelde veroudering die mensen met DS doormaken. Een van de eerste kenmerken van het ouder worden lijkt de afname van flexibiliteit te zijn, waardoor er op oudere leeftijd geen significant verschil te vinden is (Chesworth & Vandervoort, 1989). In het huidige onderzoek komt naar voren dat er een significant verschil op het gebied van flexibiliteit is tussen de groepen DS en NDS. Dit sluit aan bij de verwachtingen vanuit de fysieke kenmerken bij mensen met DS en het onderzoek bij jonge mensen met DS. Onbekend is of en zo ja wanneer de flexibiliteit beïnvloed wordt door de versnelde veroudering bij mensen met DS.

Als gekeken wordt naar de verschillen die er gevonden zijn op kracht en flexibiliteit zijn deze goed te verklaren door fysieke

kenmerken van mensen met DS: spierhypotonie, ligament laxiteit, chronotrope incompetentie en verminderde spierkracht (Galli et al., 2008; Mendonca et al., 2010). De fysieke kenmerken zorgen onder andere voor een verstoord looppatroon en een verminderd efficiënt bewegen. Dit kan er voor zorgen dat mensen met DS minder gaan bewegen (Mendonca et al., 2010). Uit onderzoek is gebleken dat kinderen met DS minder bewegen en ook minder intensief, wat in 79% van de gevallen leidt tot een zittende levensstijl (Mendonca et al., 2010). Mensen met DS zijn minder actief, maar dit hoeft geen oorzaak te zijn voor de fysieke kenmerken van mensen met DS. Inactiviteit is waarschijnlijk een gevolg van de fysieke kenmerken bij mensen met DS en zorgt ervoor dat ze fysiek minder fit zijn.

In de huidige studie is gebleken dat ouderen met DS fysiek minder fit zijn dan ouderen zonder DS. Hoe mensen met DS aan deze fysieke kenmerken komen, is niet geheel duidelijk. Een mogelijkheid is dat de verschillen te verklaren zijn vanuit DNA onderzoek. Mensen met DS hebben namelijk een extra chromosoom: het 21^e chromosoom komt in drievoud voor in plaats van in tweevoud. In veel gevallen van extra chromosomen leidt dit niet tot levensvatbaarheid, maar bij DS veelal wel (Raji & Rao, 1998). In een onderzoek van Duff et al. (1990) wordt de conclusie getrokken dat mensen met DS mogelijk verzwakt steunweefsel hebben, wat de fysieke verschillen grotendeels zou verklaren. In zijn onderzoek wordt gesuggereerd dat de oorzaak voor verzwakt steunweefsel mogelijk op chromosoom 21 kan liggen, omdat er aanwijzingen zijn dat de code voor (hart) collageen hier ligt (Duff et al., 1990).

In het huidige onderzoek komen verschillen wat betreft de karakteristieken van de

onderzoekspopulatie naar voren. De groepen verschillen significant op leeftijd en aanwezigheid van hartklachten. Dit zou ongewild de uitkomsten kunnen beïnvloeden, maar zou ook te maken kunnen hebben met de fysieke verschillen tussen de twee groepen. Door versnelde veroudering worden mensen met DS minder oud (Beacher et al., 2010; Nakamura & Tanaka, 1998; Roth et al., 1996). Hiermee is het verschil in leeftijd te verklaren en hoeft dit de resultaten niet te beïnvloeden. Daarnaast zouden er, gezien het feit dat ouderen met DS gemiddeld jonger zijn, hogere scores verwacht worden, wat de uitkomsten alleen maar versterkt.

Hartklachten komen gemiddeld vaker voor bij mensen met DS, wat laat zien dat er een fysiek verschil is tussen de twee groepen (Weijerman et al., 2008). Echter in veel onderzoeken worden mensen met hartklachten geëxcludeerd, wat weergeeft dat ook mensen met DS zonder hartklachten fysiek verschillen van mensen zonder DS (Fernhall et al., 2003; Figueroa et al., 2005; Guerra et al. 2003). Het verschil in aanwezigheid van hartklachten tussen de groepen DS en NDS hoeft dus niet de resultaten te beïnvloeden.

Wat betreft de VO₂max geeft het huidige onderzoek onverwachte resultaten: er is geen significant verschil tussen ouderen met DS en zonder DS in de onderzochte populatie van het huidige onderzoek. In een review van González-agüero et al. (2010) naar VO₂max bij kinderen en volwassenen scoren mensen met DS consequent lager op de VO₂max in vergelijking met de groep NDS en de groep zonder een beperking. Deze lage score op VO₂max voor mensen met DS is terug te vinden in verschillende andere onderzoeksartikelen (Baynard et al., 2008; Fernhall et al., 1996; Guerra et al., 2003; Baynard et al., 2004). In een onderzoek naar mogelijke variabelen bij mensen met DS is

niets gevonden wat de $VO_2\text{max}$ zou kunnen beïnvloeden (Fernhall et al., 1996). Op basis van specifieke verschillen tussen mensen met DS en zonder DS is te verwachten dat ze lager scoren op $VO_2\text{max}$ (Mendonca et al., 2010). Volgens een review van Mendonca et al. (2010) is de primaire oorzaak van een lage $VO_2\text{max}$ bij mensen met DS chronotrope incompetentie. Dit houdt in dat er een verminderde sympathische reactie is, waardoor er een minder goede reactie van het hart optreedt bij inspanning. De hartslag stijgt minder dan nodig is voor inspanning, de bloedvaten worden minder verwijd en ook de ademfrequentie is minder hoog. Guerra et al. (2003) heeft dit onderzocht doormiddel van de chronotropic response index (CRI). De CRI is een submaximale test die onafhankelijk is van motivatie, leeftijd, rust hartslag en fysieke fitheid. In het onderzoek van Guerra et al. (2003) werden mensen met DS vergeleken met mensen met echte chronotrope incompetentie en tussen deze twee groepen werden geen verschillen gevonden. Dit geeft weer dat mensen met DS echt beperkt worden door chronotrope incompetentie (Guerra et al., 2003). In andere onderzoeken wordt de verminderde sympathische reactie bij bewegen van mensen met DS bevestigd, evenals het ontbreken van een compensatie reactie: alle reacties van het hart zijn verminderd (Eberhard et al., 1991; Fernhall et al., 2009; Fernhall & Otterstetter, 2003; Vis et al., 2012).

Er zijn echter haken en ogen aan het onderzoek wat het testen en het berekenen van de $VO_2\text{max}$ betreft. Opvallend is dat er maar 81 mensen voldeden aan de criteria voor de berekening van de $VO_2\text{max}$, terwijl elke deelnemer is gestimuleerd tot maximale inspanning. Het huidige onderzoek is uitgevoerd op een aanname van de uitvoering van de ISWT en de berekening van de maximale hartslag volgens Fernhall. De ISWT

is betrouwbaar gevonden bij mensen met een VB, maar over de berekening van de maximale hartslag zijn twijfels (Fernhall et al., 1990). De twijfels zijn ontstaan doordat de formule voor het berekenen van de maximale hartslag betrouwbaar is gevonden bij een groep mensen met een VB (met en zonder DS) met leeftijden van 9-46 (Fernhall et al., 2001). Gezien het feit dat het huidige onderzoek is gedaan naar ouderen van 50 jaar en ouder zijn de uitkomsten van de $VO_2\text{max}$ niet volledig betrouwbaar.

Op basis van de berekening van de maximale hartslag zijn ook de inspanningswaarden bepaald, waardoor over de uitkomsten van de inspanningswaarden ook twijfels zijn. De uitkomsten van de inspanningswaarden geven een gelijke uitkomst weer voor ouderen met en zonder DS. Op basis van de fysieke verschillen en de chronotrope incompetentie is te verwachten dat mensen met DS zich minder goed kunnen inspannen. Het zou interessant zijn om verder onderzoek te doen naar de maximale hartslag en de maximale inspanningscapaciteit van ouderen met een VB, met en zonder DS, aangezien op dit moment hierover weinig bekend is.

Een andere verklaring voor het niet gevonden significante verschil is dat beide groepen erg laag hebben gescoord op de $VO_2\text{max}$ in vergelijking met de algemene gezonde populatie van dezelfde leeftijd (Hilgenkamp et al., 2012b). Daardoor is het lastiger om een verschil aan te tonen vanwege een vloereffect. Mensen met een VB en mensen met DS scoren respectievelijk 14,6 en 12,0 ml/min/kg op de $VO_2\text{max}$. Gezonde ouderen scoren gemiddeld 36,5ml/min/kg, wat een aanzienlijk verschil is in vergelijking met de groepen DS en NDS (Hilgenkamp et al., 2012b). Op zo'n laag niveau zou het verschil dat gevonden is, ondanks dat het niet significant is, toch relevant kunnen zijn vanwege een vloereffect. Ook kan het een verschil kan maken tussen

zelfstandig functioneren of hulpbehoevend zijn.

In een onderzoek van Baynard et al. (2008) komt naar voren dat mensen met DS geen significante daling in hun $VO_2\text{max}$ doormaken in de tijd tussen hun negende en zesenvoertigste levensjaar. Deze daling is bij de algemene bevolking en bij mensen met een VB wel te zien, waardoor er op jonge leeftijd (9-15jr) meer verschil is te zien tussen de groepen DS en NDS, dan op oudere leeftijd (30-45jr) (Baynard et al., 2008). Als je de lijnen van de groepen DS en NDS doortrekt naar mensen van 50 jaar en ouder zouden de scores steeds dichterbij elkaar kunnen komen. Dit maakt het in de huidige studie lastig om een verschil aan te tonen tussen ouderen met en zonder DS. In de meeste studies is onderzoek gedaan naar jongere mensen, waardoor er vrijwel altijd verschillen aangetoond worden.

Als gekeken wordt naar het verschil in $VO_2\text{max}$ wat gevonden is tussen de groepen DS en NDS, zijn er een aantal factoren die dit verschil zouden kunnen veroorzaken. Allereerst zou een verhoogd BMI invloed kunnen hebben op de $VO_2\text{max}$. Uit dit onderzoek komt niet naar voren dat er een verschil in BMI is tussen DS en NDS, maar bekend is dat mensen met DS regelmatig een verhoogd BMI hebben in vergelijking met mensen zonder DS (Baynard et al., 2008; González-Agüero et al., 2010). Echter uit onderzoek komt naar voren dat het verschil in BMI niet de verschillen in $VO_2\text{max}$ verklaart (Baynard et al., 2008; Figueroa et al., 2005). Bij mensen met DS stijgt het BMI wel, maar daalt de $VO_2\text{max}$ niet. In de andere groepen, NDS en de groep zonder beperkingen, stijgt het BMI op een gelijke manier als bij mensen met DS, maar daalt de $VO_2\text{max}$ (Baynard et al., 2008). In een onderzoek van Fernhall et al. (2005) komt naar voren dat de rusthartslag gelijk is

bij mensen met en zonder DS, waarbij de DS groep een hogere BMI had. Omdat er tijdens inspanning wel een verlaagde hartslag is, geeft dit aan dat een hogere BMI niet de verlaagde hartslag veroorzaakt.

Als tweede is te noemen dat inzet en motivatie de inspanningstest zou kunnen beïnvloeden, zodat er lagere waardes uitkomen bij mensen met DS. Echter is er uit onderzoek gebleken dat de inspanningstesten die gedaan zijn betrouwbaar bij mensen met een VB zijn (Guerra et al., 2003) en mensen met DS zich voldoende kunnen inspannen (Fernhall et al., 1996). Er wordt niet verwacht dat inzet en motivatie primaire oorzaken zijn van een verlaagd $VO_2\text{max}$.

Een beperking voor het onderzoek is dat ouderen met een VB een specifieke en lastige doelgroep vormen om testen af te nemen. Dit vraagt geduld, aanpassing van de testen en het mogelijkheden voor het faciliteren van een maximale inspanning. Het is niet met zekerheid te zeggen of deze aspecten optimaal verlopen zijn. Wat betreft de uitkomsten van de $VO_2\text{max}$ zijn de gekozen testen en de formule om de maximale hartslag te berekenen als uitgangspunt genomen. Met name wat betreft de formule voor de maximale hartslag zijn er twijfels over de toepasbaarheid van de formule op de doelgroep uit de huidige studie. Ook zullen de gekozen testen niet voor elke deelnemer even haalbaar zijn geweest, wat bij sommige testen voor veel uitval heeft gezorgd. Als laatste is te noemen dat beide groepen te weinig bewegen, ongetraind waren en omdat ze geen maximale test deden (Hilgenkamp et al., 2012a). Dit zorgt ervoor dat verschillen minder duidelijk naar voren komen.

Het huidige onderzoek is het grootste onderzoek naar fysieke fitheid bij ouderen met DS. Hierdoor geven de uitkomsten meer inzicht in de verschillen in objectief gemeten fysieke fitheid tussen de groepen ouderen met

DS en NDS. Daarnaast maakt het feit dat de gekozen testen betrouwbaar zijn voor mensen met een VB de uitkomsten van het huidige onderzoek betrouwbaar (Guerra et al., 2003; Fernhall et al., 1996; Hilgenkamp et al., 2012c).

De uitkomsten van het huidige onderzoek zijn goed te gebruiken bij verder onderzoek naar ouderen met DS. Er kan op basis van de resultaten verder onderzoek gedaan worden naar het verbeteren van fysieke fitheid bij ouderen met DS. Wat betreft de maximale hartslag en de maximale inspanningscapaciteit bij mensen met DS is zeer weinig bekend, dit zijn ook mogelijkheden voor verder onderzoek. Dit kan door middel van een (loopband) test met ademgasanalyse en een eventuele tussenstap zou zijn om onderzoek te doen naar getrainde atleten met DS, omdat deze groep zich naar verwachting maximaal kan inspannen.

In de praktijk kan er gestart worden met het trainen van ouderen met DS. Er zijn aanwijzingen dat het trainen van fysieke fitheid zinvol is bij mensen met DS (Mendonca & Pereira, 2009; Pitetti & Tan, 1991; Rimmer et al., 2004). Wat betreft jongere generaties met DS is op te merken dat het verschil in fitheid tussen DS en NDS al op jonge leeftijd ontstaat (González-Agüero et al., 2010; Baynard et al., 2008). Voor deze groep zou een beweeginterventie op zijn plaats zijn, zodat ze er op latere leeftijd profijt van hebben. Hier ligt een uitdaging voor therapeuten om mensen met DS te begeleiden met speciale aandacht voor de

fysieke kenmerken die deze groep heeft. Daarnaast heeft het waarschijnlijk zin om de levensstijl te veranderen, omdat ouderen die fysiek actiever zijn beter scoren op spieruithoudingsvermogen en uithoudingsvermogen (Hilgenkamp et al., 2012b).

CONCLUSIE

In het huidige onderzoek komt naar voren dat ouderen met DS verschillen van ouderen met een VB in fysieke fitheid. Deze verschillen zijn waargenomen op drie onderdelen van fysieke fitheid: krachtuithoudingsvermogen, spierkracht en flexibiliteit. Ouderen met DS hebben in vergelijking met de NDS-groep minder kracht en zijn flexibeler. Wat betreft uithoudingsvermogen, het vierde onderdeel van fysieke fitheid wat onderzocht is in de huidige studie, zijn er geen significante verschillen gevonden. Onduidelijk is of dit de gehele groep ouderen met DS weerspiegelt. Wat deze verschillen veroorzaakt is nog niet geheel duidelijk. Verwacht wordt dat het komt door afwijkingen in het DNA bij mensen met DS, wat fysieke kenmerken als chronotrope incompetentie en ligament laxiteit tot gevolg heeft. Hier kan op basis van de gevonden verschillen verder onderzoek naar gedaan worden, evenals naar de manier waarop ouderen met DS het beste te trainen zijn. Het belangrijkste voor nu is echter dat ouderen met DS geholpen moeten worden om hun fysieke fitheid te verbeteren om langer gezond te leven.

REFERENTIES

- Abizanda, P., Navarro, J. L., Garcia-Tomas, M. I., Lopez-Jimenez, E., Martinez-Sanchez, E., & Paterna, G. (2012). Validity and usefulness of hand-held dynamometry for measuring muscle strength in community-dwelling older persons. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54(1), 21-27.
- Angelopoulou, N., Tsimaras, V., Christoulas, K., & Mandroukas, K. (1999). Measurement of range of motion in individuals with mental retardation and with or without down syndrome. *Perceptual and Motor Skills*, 89(2), 550-556.
- Baynard, T., Pitetti, K. H., Guerra, M., & Fernhall, B. (2004). Heart rate variability at rest and during exercise in persons with down syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(8), 1285-1290.
- Baynard, T., Pitetti, K. H., Guerra, M., UNNITHAN, V. B., & Fernhall, B. (2008). Age-related changes in aerobic capacity in individuals with mental retardation: A 20-yr review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(11), 1984.
- Beacher, F., Daly, E., Simmons, A., Prasher, V., Morris, R., Robinson, C., et al. (2010). Brain anatomy and ageing in non-demented adults with down's syndrome: An in vivo MRI study. *Psychological Medicine*, 40(4), 611-619.
- Bittles, A. H., & Glasson, E. J. (2004). Clinical, social, and ethical implications of changing life expectancy in down syndrome. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 46(4), 282-286.
- Bouchard, C., & Shephard, R. J. (1994). Physical activity, fitness, and health: The model and key concepts physical activity, fitness and health. international proceedings and consensus statement. Champaign: Human Kinetics Publishers.
- Burt, D. B., Primeaux-Hart, S., Loveland, K. A., Cleveland, L. A., Lewis, K. R., Lesser, J., et al. (2005). Aging in adults with intellectual disabilities. *American Journal of Mental Retardation : AJMR*, 110(4), 268-284.
- Cardinal, B. J., Esters, J., & Cardinal, M. K. (1996). Evaluation of the revised physical activity readiness questionnaire in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(4), 468-472.
- Carmeli, E., Barchad, S., Lenger, R., & Coleman, R. (2002a). Muscle power, locomotor performance and flexibility in aging mentally-retarded adults with and without down's syndrome. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 2(5), 457-462.
- Carmeli, E., Ayalon, M., Barchad, S., Sheklow, S. L., & Reznick, A. Z. (2002b). Isokinetic leg strength of institutionalized older adults with mental retardation with and without down's syndrome. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 16(2), 316-320.
- Carmeli, E., Kessel, S., Bar-Chad, S., & Merrick, J. (2004). A comparison between older persons with down syndrome and a control group: Clinical characteristics, functional status and sensorimotor function. *Down's Syndrome, Research and Practice : The Journal of the Sarah Duffen Centre / University of Portsmouth*, 9(1), 17-24.
- Carmeli, E., Ariav, C., Bar-Yossef, T., Levy, R., & Imam, B. (2012). Movement skills of younger versus older adults with and without down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 33(1), 165-171.
- Chesworth, B. M., & Vandervoort, A. A. (1989). Age and passive ankle stiffness in healthy women. *Physical Therapy*, 69(3), 217-224.
- Duff, K., Williamson, R., & Richards, S. J. (1990). Expression of genes encoding two chains of the collagen type VI molecule during human fetal heart development. *International Journal of Cardiology*, 27(1), 128-129.
- Dyer, C. A., Singh, S. J., Stockley, R. A., Sinclair, A. J., & Hill, S. L. (2002). The incremental shuttle walking test in elderly people with chronic airflow limitation. *Thorax*, 57(1), 34-38.
- Eberhard, Y., Eterradosi, J., & Therminarias, A. (1991). Biochemical changes and catecholamine responses in down's syndrome adolescents in relation to incremental maximal exercise. *Journal of Mental Deficiency Research*, 35 (Pt 2)(Pt 2), 140-146.
- Esbensen, A. J. (2010). Health conditions associated with aging and end of life of adults with down syndrome. *International Review of Research in Mental Retardation*, 39(C), 107-126.

- Fernhall, B., Millar, A. L., Tymeson, G. T., & Burkett, L. N. (1990). Maximal exercise testing of mentally retarded adolescents and adults: Reliability study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71(13), 1065-1068.
- Fernhall, B., Pitetti, K. H., Rimmer, J. H., McCubbin, J. A., Rintala, P., Millar, A. L., et al. (1996). Cardiorespiratory capacity of individuals with mental retardation including down syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(3), 366-371.
- Fernhall, B., MCCUBBIN, J. A., PITETTI, K. H., RINTALA, P., RIMMER, J. H., Millar, A., et al. (2001). Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(10), 1655.
- Fernhall, B., & Otterstetter, M. (2003). Attenuated responses to sympathoexcitation in individuals with down syndrome. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 94(6), 2158-2165.
- Fernhall, B., Figueroa, A., Collier, S., Gouloupoulou, S., Giannopoulou, I., & Baynard, T. (2005). Resting metabolic rate is not reduced in obese adults with down syndrome. *Mental Retardation*, 43(6), 391-400.
- Fernhall, B., Baynard, T., Collier, S. R., Figueroa, A., Gouloupoulou, S., Kamimori, G. H., et al. (2009). Catecholamine response to maximal exercise in persons with down syndrome. *The American Journal of Cardiology*, 103(5), 724-726.
- Fess, E. E., & Moran, C. (1981). *Clinical assessment recommendations*. Indianapolis, USA: American Society of Hand therapists Monograph.
- Figueroa, A., Collier, S. R., Baynard, T., Giannopoulou, I., Gouloupoulou, S., & Fernhall, B. (2005). Impaired vagal modulation of heart rate in individuals with down syndrome. *Clinical Autonomic Research : Official Journal of the Clinical Autonomic Research Society*, 15(1), 45-50.
- Galli, M., Rigoldi, C., Brunner, R., Virji-Babul, N., & Giorgio, A. (2008). Joint stiffness and gait pattern evaluation in children with down syndrome. *Gait & Posture*, 28(3), 502-506.
- Gill, S., & McBurney, H. (2008). Reliability of performance-based measures in people awaiting joint replacement surgery of the hip or knee. *Physiotherapy Research International : The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy*, 13(3), 141-152.
- Gill, S. D., de Morton, N. A., & Mc Burney, H. (2012). An investigation of the validity of six measures of physical function in people awaiting joint replacement surgery of the hip or knee. *Clinical Rehabilitation*,
- Glasson, E. J., Sullivan, S. G., Hussain, R., Petterson, B. A., Montgomery, P. D., & Bittles, A. H. (2002). The changing survival profile of people with down's syndrome: Implications for genetic counselling. *Clinical Genetics*, 62(5), 390-393.
- Gonzalez-Aguero, A., Vicente-Rodriguez, G., Moreno, L. A., Guerra-Balic, M., Ara, I., & Casajus, J. A. (2010). Health-related physical fitness in children and adolescents with down syndrome and response to training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(5), 716-724.
- Guerra, M., Llorens, N., & Fernhall, B. (2003). Chronotropic incompetence in persons with down syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(11), 1604-1608.
- Hilgenkamp, T. I., van Wijck, R., & Evenhuis, H. M. (2010). Physical fitness in older people with ID-concept and measuring instruments: A review. *Research in Developmental Disabilities*, 31(5), 1027-1038.
- Hilgenkamp, T. I., Bastiaanse, L. P., Hermans, H., Penning, C., van Wijck, R., & Evenhuis, H. M. (2011). Study healthy ageing and intellectual disabilities: Recruitment and design. *Research in Developmental Disabilities*, 32(3), 1097-1106.
- Hilgenkamp, T. I., Reis, D., van Wijck, R., & Evenhuis, H. M. (2012a). Physical activity levels in older adults with intellectual disabilities are extremely low. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 477-483.
- Hilgenkamp, T. I., van Wijck, R., & Evenhuis, H. M. (2012b). Low physical fitness levels in older adults with ID: Results of the HA-ID study. *Research in Developmental Disabilities*, 33(4), 1048-1058.
- Hilgenkamp, T. I., van Wijck, R., & Evenhuis, H. M. (2012c). Feasibility and reliability of physical fitness tests in older adults with intellectual disability: A pilot study. *Journal of Intellectual & Developmental Disability*, 37(2), 158-162.
- Hui, S. S., & Yuen, P. Y. (2000). Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: A comparison with other protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9), 1655-1659.

- Jolly, K., Taylor, R. S., Lip, G. Y., Singh, S., & BRUM Steering Committee. (2008). Reproducibility and safety of the incremental shuttle walking test for cardiac rehabilitation. *International Journal of Cardiology*, 125(1), 144-145.
- Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(2), 113-119.
- Mathiowetz, V., Kashman, N., Volland, G., Weber, K., Dowe, M., & Rogers, S. (1985). Grip and pinch strength: Normative data for adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 66(2), 69-74.
- Mendonca, G. V., & Pereira, F. D. (2009). Influence of long-term exercise training on submaximal and peak aerobic capacity and locomotor economy in adult males with down's syndrome. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 15(2), CR33-39.
- Mendonca, G. V., Pereira, F. D., & Fernhall, B. (2010). Reduced exercise capacity in persons with down syndrome: Cause, effect, and management. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 6, 601.
- Mercer, V. S., & Lewis, C. L. (2001). Hip abductor and knee extensor muscle strength of children with and without down syndrome. *Pediatric Physical Therapy : The Official Publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 13(1), 18-26.
- Morris, A. F., Vaughan, S. E., & Vaccaro, P. (1982). Measurements of neuromuscular tone and strength in down's syndrome children. *Journal of Mental Deficiency Research*, 26(Pt 1), 41-46.
- Nakamura, E., & Tanaka, S. (1998). Biological ages of adult men and women with down's syndrome and its changes with aging. *Mechanisms of Ageing and Development*, 105(1-2), 89-103.
- Parker, A. W., & James, B. (1985). Age changes in the flexibility of down's syndrome children. *Journal of Mental Deficiency Research*, 29 (Pt 3)(Pt 3), 207-218.
- Pitetti, K. H., & Tan, D. M. (1991). Effects of a minimally supervised exercise program for mentally retarded adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(5), 594-601.
- Pitetti, K. H., Climstein, M., Campbell, K. D., Barrett, P. J., & Jackson, J. A. (1992a). The cardiovascular capacities of adults with down syndrome: A comparative study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 13-19.
- Pitetti, K. H., Climstein, M., Mays, M. J., & Barrett, P. J. (1992b). Isokinetic arm and leg strength of adults with down syndrome: A comparative study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(9), 847-850.
- Raji, N. S., & Rao, K. S. (1998). Trisomy 21 and accelerated aging: DNA-repair parameters in peripheral lymphocytes of down's syndrome patients. *Mechanisms of Ageing and Development*, 100(1), 85-101.
- Rigoldi, C., Galli, M., Mainardi, L., Crivellini, M., & Albertini, G. (2011). Postural control in children, teenagers and adults with down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 32(1), 170-175.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2001). *Senior fitness test manual*: Human Kinetics Europe Ltd.
- Rimmer, J. H., Heller, T., Wang, E., & Valerio, I. (2004). Improvements in physical fitness in adults with down syndrome. *American Journal of Mental Retardation : AJMR*, 109(2), 165-174.
- Roizen, N. J., & Patterson, D. (2003). Down's syndrome. *Lancet*, 361(9365), 1281-1289.
- Roth, G. M., Sun, B., Greensite, F. S., Lott, I. T., & Dietrich, R. B. (1996). Premature aging in persons with down syndrome: MR findings. *AJNR.American Journal of Neuroradiology*, 17(7), 1283-1289.
- Singh, S. J., Morgan, M. D., Hardman, A. E., Rowe, C., & Bardsley, P. A. (1994). Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *The European Respiratory Journal : Official Journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology*, 7(11), 2016-2020.
- Singh, S. J., Morgan, M. D., Scott, S., Walters, D., & Hardman, A. E. (1992). Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax*, 47(12), 1019-1024.
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *PM & R : The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 3(5), 472-479.
- Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. J. (1992). Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sport Sciences = Journal Canadien Des Sciences Du Sport*, 17(4), 338-345.

- Vis, J. C., De Bruin-Bon, H. A., Bouma, B. J., Huisman, S. A., Imschoot, L., van den Brink, K., et al. (2012). Adults with down syndrome have reduced cardiac response after light exercise testing. *Netherlands Heart Journal : Monthly Journal of the Netherlands Society of Cardiology and the Netherlands Heart Foundation*, Weijerman, M. E., van Furth, A. M., Vonk Noordegraaf, A., van Wouwe, J. P., Broers, C. J., & Gemke, R. J. (2008). Prevalence, neonatal characteristics, and first-year mortality of down syndrome: A national study. *The Journal of Pediatrics*, 152(1), 15-19.
- WMO. (1999). Medical Research Involving Human Subjects Act. <http://www.ccmo-online.nl/main.asp>.