

De HandbikeBattle is een jaarlijkse wedstrijd waarin handbiketeams van tien Nederlandse revalidatiecentra een alp beklimmen. De deelnemers trainen voornamelijk zelfstandig. Hoe kunnen hun begeleiders deze trainingen het beste monitoren? Zijn methodes als de TRainingsIMPuls (TRIMP) en de session Rating of Perceived Exertion (sRPE) bruikbaar voor het monitoren van arminspanning?

Valide monitoren van handbiketrainingen

Sven Hoekstra, Linda Valent, Linda van Vliet, Paul Grandjean Perrenod Comtesse & Sonja de Groot

Foto: Inge Hondebrink

De wedstrijd vindt plaats op de Kaunertalergletscherstrasse in Oostenrijk, een klim van bijna 20 kilometer en 1000 hoogtemeters (zie www.handbikebattle.nl). Het evenement wordt niet georganiseerd voor topatleten, maar voor ex-revalidanten van de revalidatiecentra (zie kader). Met de HandbikeBattle als doel gaan de deelnemers serieus trainen om op die manier gezond en fit te worden. Ze worden uitgedaagd om zowel hun fysieke als mentale grenzen te verleggen.

Missie HandbikeBattle-organisatie

Met de HandbikeBattle willen we deelnemers uitdagen om fysieke en mentale grenzen te verleggen. Door letterlijk een berg te overwinnen met de handbike leer je jezelf nog beter kennen. Op de weg ernaartoe leer je bovendien veel van anderen met hetzelfde doel voor ogen. In het dagelijks leven geeft deze ervaring power om ook andere dromen na te streven. 'Je kan veel meer dan je denkt!' aldus de deelnemers aan de editie 2013.

Trainingsadvies en -begeleiding

Voor de start van de trainingsperiode voeren de handbikers in de revalidatiecentra een maximale inspanningstest uit. Op basis van de uitkomsten kunnen zij een trainingsadvies krijgen. De trainingen worden echter niet standaard aangeboden vanuit de centra, dus de deelnemers moeten vooral zelf het initiatief nemen om te gaan trainen en om te bepalen hoe vaak, hoe intensief en hoe lang ze dat gaan doen. Aangezien deze mensen vaak nog onervaren zijn met trainen, is het van belang dat begeleiders op afstand kunnen adviseren en trainingen kunnen monitoren, om over- of ondertraining te voorkomen.

Monitoren van trainingen

Er is nog weinig bekend over het monitoren van arminspanning. Er zijn echter meerdere methodes beschikbaar om trainingen te monitoren in duursporten.¹ Hartfrequentie is een veelgebruikte maat om de intensiteit van de training te meten aangezien deze een vrijwel lineaire relatie heeft met de zuurstofopname, de gouden standaard voor inspanningsintensiteit.² De hartfrequentie kan echter beïnvloed worden door persoons- of

omgevingsfactoren en kan bij mensen met een dwarslaesie op nekhoogte ook verstoord worden door de aangetaste autonome regulatie.³

Een andere methode om de training te monitoren, waarbij geen dure apparatuur nodig is, is de 10-punt Borgschaal om de ervaren belasting ('Rating of Perceived Exertion' – RPE)⁴ aan te geven (zie figuur 1). Vanwege het gemakkelijke gebruik van de RPE en de goede relatie met hartfrequentie en zuurstofopname wordt deze subjectieve maat veel gebruikt.⁵

In combinatie met de duur van de training kunnen de hartfrequentie en de RPE worden gebruikt om de trainingsbelasting te kwantificeren. Bannister et al.⁶ kwamen met het concept trainingsimpuls (TRIMP), waarin de trainingsduur, de maximale hartfrequentie, de rusthartfrequentie en de gemiddelde hartfrequentie tijdens de training worden meegenomen om de trainingsbelasting te berekenen. Enige tijd later kwamen Foster et al.⁷ met de 'session Rating of Perceived Exertion' (sRPE), waarbij de trainingsbelasting wordt berekend door de sRPE te vermenigvuldigen met de duur van de training. De steeds vaker gebruikte vermogensmeter, zoals de Powertap of de SRM, neemt de invloed van omgevingsfactoren (bijvoorbeeld wind, heuvels) mee in de uitkomstmaat en is een betrouwbare en valide methode om de trainingsbelasting te monitoren.^{8,9}

Met het vermogen als gouden standaard om de trainingsbelasting te meten, kan de validiteit van de TRIMP en de sRPE-methode worden bepaald.

Alhoewel resultaten in wielrennen en hardlopen veelbelovend zijn, is de validiteit van deze methoden nog niet bepaald

voor arminspanning zoals handbiken.

Aangezien arm- en beeninspanning van elkaar verschillen, kunnen de resultaten van bijvoorbeeld wielren-

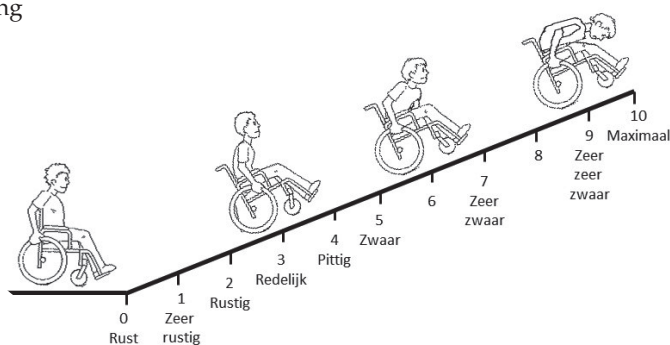
nen niet zonder meer worden vertaald naar handbiken. Daarbovenop kan ook de beperking van de handbikers de validiteit beïnvloeden. Het doel van deze studie was daarom het bepalen van de validiteit van de TRIMP en de sRPE-methode om de trainingsbelasting te monitoren door ze tijdens de trainingen voor de HandbikeBattle te vergelijken met het vermogen.

Aanpak

Het validatie-onderzoek werd als volgt aangepakt:

Proefpersonen

Acht mannelijke handbikers hebben deelgenomen aan het onderzoek. Hun gemiddelde leeftijd was 35,8 jaar. Ze hadden een gemiddelde lengte van 1,79 meter en een gemiddeld gewicht van 71 kg. Zeven van hen hadden een lage dwarslaesie en één een cerebrale parese.



Figuur 1. Illustratie van de RPE Borg 10.

Opzet

Het onderzoek startte met een gestandaardiseerde maximale inspanningstest. Vervolgens werd het voorwiel van de handbike vervangen door een wiel met een Powertap vermogensmeter en kreeg men een Garmin fietscomputer en een hartslagband mee om het vermogen en de hartfrequentie tijdens de trainingen te kunnen meten en vervolgens te delen met de onderzoekers. Daarnaast werd de deelnemers gevraagd om na elke training het online trainingslogboek (www.sporteronline.nl) in te vullen, waarbij onder andere de RPE moest worden aangegeven.

Maximale inspanningstest

De maximale inspanningstest werd uitgevoerd in de eigen handbike die werd gekoppeld aan de Cyclus2 ergometer. Daarmee kon de weerstand worden opgelegd en het vermogen worden bepaald. Daarnaast werd de hartfrequentie geregistreerd. Nadat de proefpersoon had ingereden, werd het testprotocol gestart met twee minuten rust. Aan het eind van deze rustperiode werd voor een lactaatbepaling bloed afgenomen uit de oorlel. Hierna ging het inspanningsprotocol van start met blokken van drie minuten. Het



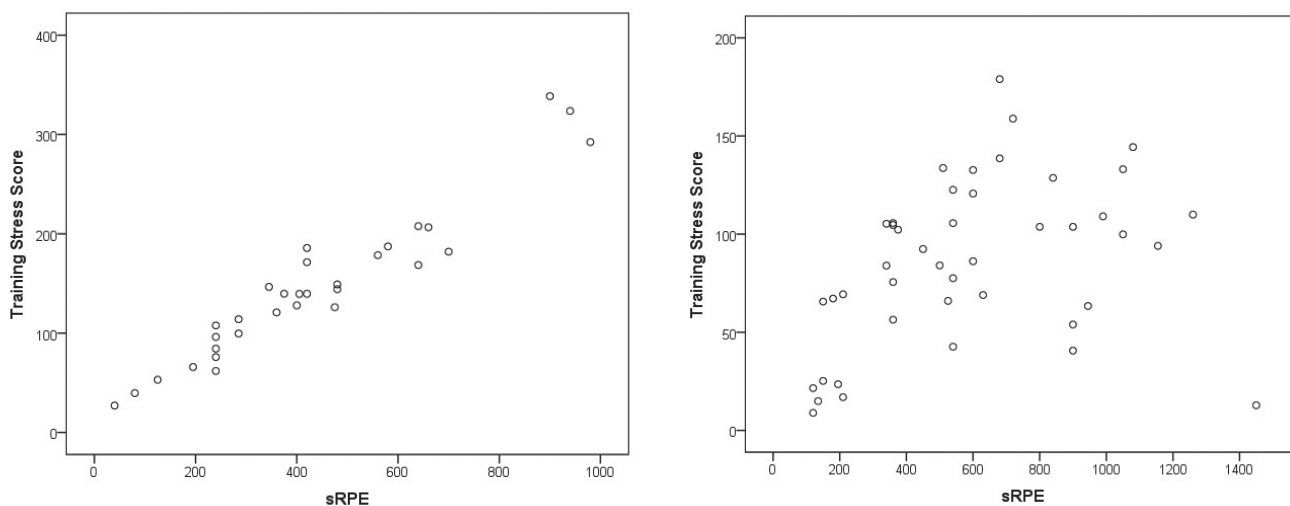
startvermogen werd gezet op 40 Watt en werd ieder blok met 20 Watt verhoogd. Afhankelijk van informatie over eerdere uitkomsten van een maximale inspanningstest konden het startvermogen of de vermogensstappen aangepast worden voor een testduur van tussen de 15 en 25 minuten. In de laatste 10 seconden van elk blok werd de RPE

vastgesteld. Het vermogen dat wordt geleverd bij deze drempel is het anaerobe drempelvermogen en is gelijk aan het in vermogensanalyse-software gebruikelijkere 'functionele drempelvermogen' (FDP): het vermogen dat een handbiker of wielrenner een uur lang zou moeten kunnen volhouden.¹¹ Deze informatie werd samen met de

De correlatie is een getal tussen de 0 (geen relatie) en -1 of +1 (hele sterke relatie). De correlatie werd als sterk beschouwd als deze hoger was dan 0,75.

Uitkomsten

Het gemiddelde aantal trainingen met alle benodigde data (RPE, hartfrequentie en vermogen) was 26 en varieerde



Figuur 2. Voorbeeld van een goede (links) en slechte relatie (rechts) van de sRPE belasting met de training stress score (TSS).

gevraagd en lactaat gemeten. De test werd gestopt als men het opgelegde vermogen niet meer kon leveren.

Trainingsbelasting

De trainingsbelasting werd berekend door de duur van de training te vermenigvuldigen met de in het trainingslogboek ingevulde sRPE.⁷

De TRIMP werd berekend door middel van de formule van Bannister et al.⁶, die de gemiddelde hartfrequentie vermenigvuldigt met de duur van de training, rekening houdend met het geslacht, de rusthartfrequentie en de maximale hartfrequentie.

Met behulp van de gegevens van de maximale inspanningstest werd de anaerobe drempel bepaald door middel van de PET O₂, PET CO₂-methode, met de VE/VO₂, VE/VCO₂-methode en lactaatwaardes als controlemiddel.¹⁰ Deze procedure werd door twee onderzoekers afzonderlijk doorlopen, waarna de drempel in overleg werd

trainingsdata ingevoerd in de open source software van Golden Cheetah (www.goldencheetah.com). Dit programma berekent uit de vermogensdata van de training het genormaliseerde vermogen. Dit is een schatting van het vermogen dat volgehouden kan worden gedurende de training met dezelfde fysiologische kosten als wanneer het vermogen perfect constant was geweest in plaats van variabel, zoals tijdens een buitentraining. Vervolgens werd de intensiteitsfactor berekend: de ratio tussen het genormaliseerde vermogen en de FDP. Uiteindelijk kan de Training Stress Score (TSS) worden berekend door deze intensiteitsfactor te vermenigvuldigen met de trainingsduur.

Analyse

Om de relatie te bestuderen tussen 1) de sRPE belasting en de TSS (de gouden standaard) en 2) de TRIMP en de TSS werden correlaties berekend.

tussen de 8 proefpersonen van 5 tot 47 trainingen. Het piekvermogen van de handbikers was na de trainingsperiode van drie maanden significant verbeterd van gemiddeld 151 Watt naar 167 Watt (11% toename).

Correlaties

De gemiddelde correlatie tussen de sRPE belasting en de TSS was sterk, namelijk $r = 0,79$. Voor één proefpersoon was de correlatie zwak ($r = 0,36$), de andere zeven proefpersonen lieten een sterke relatie zien ($r = 0,76 - 0,96$). Figuur 2 laat als voorbeeld de relatie zien tussen de sRPE belasting en de TSS bij handbikers waarbij de relatie heel sterk (linker figuur) respectievelijk heel zwak is (rechter figuur).

De gemiddelde correlatie tussen TRIMP en TSS was ook sterk: $r = 0,89$. De correlatie was matig voor één proefpersoon ($r = 0,63$), terwijl hij zeer sterk was voor de rest van de groep ($r = 0,82 - 0,98$).

Interpretatie van de resultaten

Evenals bij valide duursporters¹²⁻¹⁴ blijkt uit de resultaten van deze studie dat de sRPE belasting goed te gebruiken is om trainingen van een bovenlichaamsport als handbiken te monitoren. Voor slechts één handbiker correleerde de sRPE belasting onvoldoende met de TSS. Nadere inspectie van de resultaten leerde dat deze deelnemer vrij extreme sRPE-waardes invulde en het mogelijk lastig vond om genuanceerd over de zwaarte van de training te oordelen. Het gebruik van een protocol om de sRPE te leren gebruiken kan in dergelijke gevallen nuttig zijn.¹⁶

Factoren die in het algemeen de validiteit van de sRPE-methode kunnen beïnvloeden zijn ervaring en mate van getraindheid.¹⁵ De intensiteit van de laatste fase van de inspanning kan ook van invloed zijn op de bepaling van de sRPE.¹⁷ Om de dominantie van bijvoorbeeld een eventuele eindsprint te verminderen, wordt aangeraden om de sRPE tenminste twintig tot dertig minuten na de inspanning te bepalen.⁷

Bij armarbeid kan, in tegenstelling tot beenarbeid, door de kleinere spiermassa perifere vermoeidheid een grotere rol spelen dan centrale vermoeidheid.¹⁸ Het gebruik van een sRPE voor deze perifere vermoeidheid zou de validiteit van de sRPE-methode kunnen vergroten bij personen die moeite hebben om hun trainingen te kwantificeren.

Ook de relatie tussen TRIMP en TSS was sterk voor de meeste handbikers. Bij één deelnemer was de correlatie matig. Dit kan niet worden verklaard door bijvoorbeeld laesiehoogte, maar eventueel door persoonsfactoren, zoals stress.¹⁹

Hoe kan je de training monitoren?

In bovenlichaamsporten kan de RPE zowel gebruikt worden om op de

juiste intensiteit te trainen²⁰ als voor het monitoren van de training over een langere periode. Door zo'n langere periode van monitoring krijgt de begeleider een beeld van de trainingstolerantie van de individuele atleet, maar kan hij ook bepalen of de atleet het trainingsprogramma volgt zoals voorgeschreven. Als twee sporters hetzelfde trainingsprogramma krijgen, kan het zijn dat de ene de training goed toereert en dat zijn prestatie vooruit gaat, terwijl de andere de training te zwaar kan vinden en zijn prestaties achteruit ziet gaan. In het geval van armspanning is overbelasting van de arm en/of schouder ook een factor om gedurende een trainingsperiode scherp in de gaten te houden. Dit kan gedaan worden met behulp van de Lokaal Ervaren Ongemakken (LEO)-schaal.²¹

De sRPE-methode kan door zijn sterke relatie met objectieve maten om trainingen te monitoren, gecombineerd met de psychologische factoren die een rol spelen in zijn bepaling, een waardevol middel zijn om overtraining of overreaching te detecteren en te voorkomen. Eén van deze veronderstelde tekenen zijn infecties. Foster et al.²² vonden dat pieken in trainingsbelasting, gedetecteerd met de sRPE-methode, 84% van de infecties onder de deelnemende sporters verklaarden. Naast hoge trainingsbelastingen kunnen ook andere karakteristieken van een trainingsprogramma, zoals (een gebrek aan) variatie in intensiteit en duur, zorgen voor negatieve adaptaties. Bruin et al.²³, bijvoorbeeld, zagen dat racepaarden met een trainings-schema bestaande uit een afwisseling van zware en rustige dagen verbeteringen in fitheid vertoonden, terwijl een omschakeling naar een regime met enkel zware dagen voor stagnatie en tekenen van overtraining zorgde. Om deze trainingsvariatie te kwantificeren, stelden Foster et al.²² twee maten voor: monotonie en stress. De monotonie kan worden berekend door

het gemiddelde dagelijkse trainingsvolume van een week te delen door de spreiding van datzelfde trainingsvolume. Door deze uitkomst vervolgens te vermenigvuldigen met het totale trainingsvolume, kan de stress van een week worden berekend. Door de trainingsbelasting, de monotonie en de stress van een sporter over een langere periode te monitoren, in combinatie met zaken als ziektes of andere overtrainingssymptomen²⁴ kan voor ieder individu een bovengrens aan de trainingsbelasting worden gesteld.²² Om problemen te voorkomen zal de sporter moeten proberen daaronder te blijven.

Het combineren van de sRPE-methode met hartfrequentiemeting kan ook bijdragen aan het detecteren van overtraining of overreaching. Bij sporters in een toestand van overreaching is er namelijk sprake van een verstoorde hartfrequentie-RPE relatie.²⁵ Rodriguez et al.²⁶ zagen bijvoorbeeld dat in een zevendaagse etappekoers voor wielrenners de TRIMP (berekend op basis van hartfrequentie) naar het einde van de race afnam, terwijl de renners toenemende sRPE-waarden rapporteerden. Voor individuele atleten die beschikken over een hartslagmeter kan het dus raadzaam zijn om de beide methoden (sRPE en TRIMP) te combineren bij het monitoren van hun training.

De sRPE-methode lijkt dus ook in een bovenlichaamsport als handbiken goed gebruikt te kunnen worden om training te monitoren. Gezien het prijsvriendelijke karakter is deze methode aantrekkelijk voor het monitoren van grote groepen sporters. De methode zou daarnaast ook goed ingezet kunnen worden in de revalidatie, waar het thema belasting/belastbaarheid van revalidanten minstens zo relevant is als in de (top)sport.²⁷ Ten opzichte van het monitoren van training op basis van de hartfrequentie heeft het als voordeel dat er voorafgaande aan een

trainingsprogramma, afhankelijk van de doelen, niet per se een maximale inspanningstest nodig is. Dit is vooral prettig wanneer de hartfrequentie minder betrouwbaar te interpreteren is, zoals onder andere bij mensen met een cervicale dwarslaesie en/of mensen die bètablokkers gebruiken. Daarnaast kan het monitoren van korte, intensieve blokken met hartfrequentie problematisch zijn, terwijl deze intensieve inspanningen wel worden meegenomen in de bepaling van de sRPE. Tenslotte verplicht het rapporteren van de sRPE de sporter na te denken over zijn eigen trainingen, leert het hem/haar over de reactie van het lichaam hierop en kan het bewustzijn creëren over de te volgen trainingsopbouw.

Conclusie

Uit het onderzoek kwam naar voren dat de sRPE-methode ook in het handbiken goed te gebruiken is om de trainingsbelasting te monitoren. Het is wel van belang om de atleten de Borg-schaal duidelijk uit te leggen, zodat ze de trainingen correct kunnen scoren. De sRPE-methode wordt vaak goed begrepen, is goedkoop en makkelijk in te zetten en daardoor relatief eenvoudig te implementeren. De TRIMP kan in de meeste gevallen ook goed gebruikt worden voor het monitoren van de trainingen. Al met al kan dus geconcludeerd worden dat de sRPE en de TRIMP valide maten zijn voor het monitoren van de trainingsbelasting bij arminspanning. Ze kunnen gebruikt worden om zowel voldoende trainingsbelasting op te leggen, als te monitoren of de trainingschema's goed worden uitgevoerd en de belasting niet te hoog wordt.

Referenties

1. Jobson SA et al. (2009). The analysis and utilization of cycling training data. *Sports Medicine*, 39 (10), 833-844.

2. Franklin B, Whaley MH & Howley ET (2000). *American College of Sports Medicine guidelines for exercise testing and prescription*, pp. 128-133. Baltimore: Williams and Wilkins.
3. Valent LJM et al. (2006). The individual relationship between heart rate and oxygen uptake in people with a tetraplegia during exercise. *Spinal Cord*, 45 (1), 104-111.
4. Borg GA (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14 (5), 377-381.
5. García-Ramos A (2015). Training load quantification in elite swimmers using a modified version of the training impulse method. *European Journal of Sport Science*, 15 (2), 85-93.
6. Banister EW et al. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Australian Journal of Sports Medicine*, 7, 57-61.
7. Foster C et al. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15 (1), 109-115.
8. Bertucci W et al. (2005). Validity and reliability of the PowerTap mobile cycling powermeter when compared with the SRM device. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (10), 868-873.
9. Reiser M et al. (2000). Transferability of workload measurements between three different types of ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 82 (3), 245-249.
10. Wasserman K et al. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35 (2), 236-243.
11. Allen H & Coggan A (2010). Training and racing using a power meter: an introduction. www.bodymechanics.info, pp. 5-8.
12. Wallace LK, Slattery KM & Coutts AJ (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114 (1), 11-20.
13. Costa EC et al. (2013). Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12 (3), 559-564.
14. Borges TO, Bullock ND & Coutts AJ (2014). Methods for quantifying training in sprint kayak. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (2), 474-482.
15. Hampson DB et al. (2001). The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. *Sports Medicine*, 31 (13), 935-952.
16. Soriano-Maldonado A et al. (2014). A learning protocol improves the validity of the Borg 6-20 RPE scale during indoor cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 35 (5), 379-384.
17. Kilpatrick M et al. (2009). Comparisons of RPE before, during, and after self-regulated aerobic exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41 (3), 682-687.
18. Lenton JP et al. (2008). Wheelchair propulsion: effects of experience and push strategy on efficiency and perceived exertion. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33 (5), 870-879.
19. Achten J & Jeukendrup AE (2003). Heart rate monitoring. *Sports Medicine*, 33 (7), 517-538.
20. Paulson TA et al. (2013). Perceived exertion as a tool to self-regulate exercise in individuals with tetraplegia. *European Journal of Applied Physiology*, 113 (1), 201-209.
22. Grinten MP van der & Smitt P (1992). Development of a practical method for measuring body part discomfort. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety*, 4, 311-318.
22. Foster C et al. (1997). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (7), 1164-1168.
23. Bruin GH et al. (1994). Adaptation and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *Journal of Applied Physiology*, 76 (5), 1908-1913.
24. Halson SL (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44 (2), 139-147.
25. Rietjens GJ et al. (2005). Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (4), 16-26.
26. Rodríguez-Marroyo JA et al. (2012). Comparison of heart rate and session rating of perceived exertion methods of defining exercise load in cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26 (8), 2249-2257.
27. Haisma JA et al. (2008). Functional independence and health-related functional status following spinal cord injury: a prospective study of the association with physical capacity. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 40 (10), 812-818.

Over de auteurs

Sven Hoekstra heeft het hier beschreven onderzoeksproject uitgevoerd bij het Centrum voor Bewegingswetenschappen (CvB) van de Rijksuniversiteit Groningen. Linda Valent is bewegingswetenschapper en ergotherapeute bij Heliomare. Linda van Vliet is testcoördinator bij CASA Reade. Paul Grandjean Perrenod Comtesse is sportarts bij Orbis. Sonja de Groot is bewegingswetenschapper bij Reade en het CvB in Groningen.