

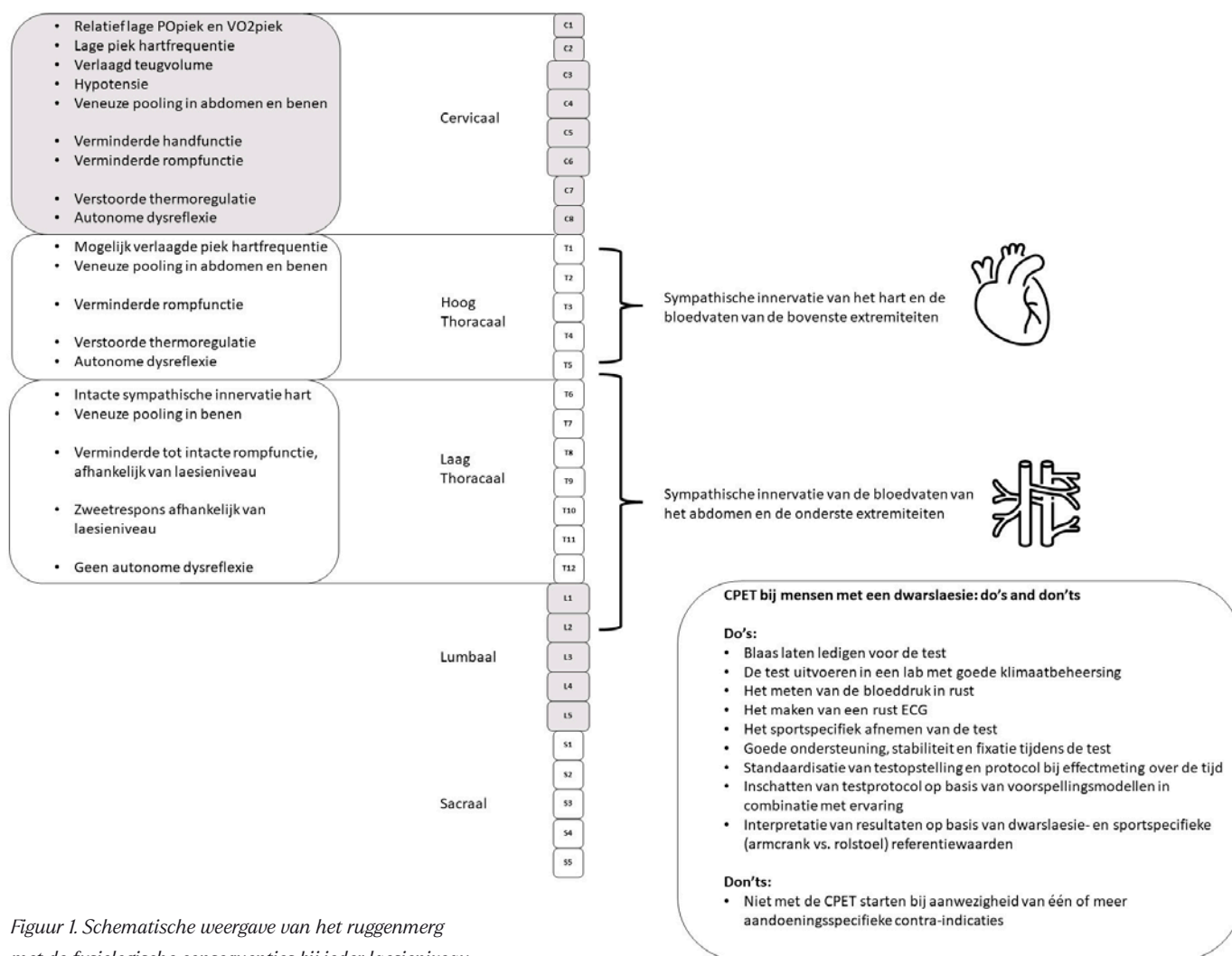
Cardio-Pulmonary Exercise Test bij mensen met een dwarslaesie: do's-and-don'ts

Fysieke inactiviteit is een wereldwijd gezondheidsprobleem. Mensen met een fysieke beperking zijn over het algemeen minder fysiek actief dan de algemene bevolking, waarbij rolstoelgebruikers met een dwarslaesie behoren tot de minst actieve diagnosegroepen¹. Samenhangend met de lage fysieke activiteit is ook de fitheid bij mensen met een dwarslaesie laag. Trainingsinterventies om de fitheid te verhogen zijn dus uitermate belangrijk bij deze populatie. Bij dergelijke interventies wordt vaak gebruikgemaakt van een Cardio-Pulmonary Exercise Test (CPET). Wat is daarvan het doel en waarop moet gelet worden bij het afnemen en interpreteren van de CPET?

Door: Dr. Ingrid Kouwijzer, Drs. Floor P. Groot, Drs. David F. Gobets, Dr. Sonja de Groot

De lage fysieke activiteit bij mensen met een dwarslaesie komt enerzijds door hun inactieve leefstijl en anderzijds door de consequenties van de dwarslaesie, zoals verstoorde sympathische innervatie onder het laesieniveau, verlamming van de spieren in romp en onderste extremiteiten, en daardoor afhankelijkheid van de kleine actieve spiermassa van de bovenste extremiteiten. De lage fysieke activiteit en fitheid zijn geassocieerd met een hoge prevalentie van cardiometabole ziekten, welke de belangrijkste doodsoorzaken zijn bij mensen met een dwarslaesie². Trainingsinterventies om de fitheid te verhogen zijn dus uitermate belangrijk. Eerder onderzoek heeft tevens laten zien dat een betere fitheid in deze groep leidt tot het makkelijker kunnen uitvoeren van activiteiten in het dagelijks leven³, betere gezondheid⁴, grotere kans op terugkeer naar werk⁵, en een hogere kwaliteit van leven⁶. Gelukkig worden er in revalidatiecentra steeds vaker trainingsprogramma's aangeboden om de fitheid van revalidanten te verbeteren. Zo doen bijvoorbeeld dertien revalidatiecentra jaarlijks met een team voormalige

revalidanten mee aan de HandbikeBattle, een wedstrijd in Oostenrijk waarbij men richting de Kaunertaler Gletscher omhoog rijdt met een handbike. Ze leggen daarbij twintig kilometer en 839 hoogtemeters af. Er wordt aan het begin en aan het einde van dit trainingsprogramma gebruikgemaakt van een Cardio-Pulmonary Exercise Test (CPET). Het doel daarvan is om aan het begin te screenen op cardiopulmonale pathologie en de trainingsintensiteit individueel in te stellen, en aan het einde de trainingseffecten te evalueren. De CPET is de gouden standaard voor het meten van fitheid. Revalidatie- en/of sportartsen zijn vaak betrokken bij de testafname en -interpretatie. Voor een goede testafname en interpretatie van de testgegevens bij arminspanning, zoals vaak uitgevoerd bij mensen met een dwarslaesie, is het van belang om kennis te hebben van de consequenties van arminspanning en van de diagnose. Het doel van dit artikel is om te beschrijven waarop gelet moet worden bij het afnemen en interpreteren van een CPET uitgevoerd met de armen door mensen met een dwarslaesie.



Figuur 1. Schematische weergave van het ruggenmerg met de fysiologische consequenties bij ieder laesieniveau.

Oorzaken dwarslaesie

Een dwarslaesie kan een traumatische (b.v. verkeersongeluk of duiken in ondiep water) of niet-traumatische oorzaak (b.v. tumor, bloeding) hebben en kan leiden tot uitval van motorische, sensorische en autonome functies onder het laesieniveau⁷. Mensen met een dwarslaesie worden, afhankelijk van de hoogte van hun dwarslaesie, geclassificeerd als iemand met een tetraplegie of paraplegie. Een dwarslaesie onder het niveau thoracaal 1 resulteert in een paraplegie, waarbij de romp, benen en pelvis geheel of gedeeltelijk zijn aangedaan. Een dwarslaesie op of boven thoracaal 1 resulteert in een tetraplegie waarbij naast de romp, benen en pelvis ook de armen en handen zijn aangedaan⁷. Naast het laesieniveau is compleetheid van de dwarslaesie van belang. Een dwarslaesie resulterend in een compleet verlies van

sensorische en motorische functie onder het laesieniveau inclusief de sacrale regio wordt een complete dwarslaesie genoemd (ASIA Impairment Scale (AIS) A). Bij een incomplete laesie is er nog enige sensorische (AIS B) en/of motorische functie (AIS C-D) aanwezig onder het laesieniveau⁷. In het eerste jaar na het ontstaan van de dwarslaesie kan er mogelijk nog neurologisch herstel optreden. Dit kan leiden tot een verbetering van het laesieniveau en/of de -compleetheid.

Respons varieert

Bij mensen met een dwarslaesie kan de reactie op inspanning erg variëren afhankelijk van de hoogte en de compleetheid van de laesie, die de hoeveelheid uitval van motorische, sensorische en autonome functies bepalen (figuur 1). Vanwege uitval van motorische functie

Bij mensen met een dwarslaesie kan de reactie op inspanning erg variëren afhankelijk van de hoogte en de compleetheid van de laesie

kan de actieve spiermassa kleiner zijn. Uitval van autonome functies kan leiden tot een veranderde reactie op inspanning wat betreft de bloeddruk, de hartfrequentie en de temperatuurregulatie. Mensen met een tetraplegie hebben in rust over het algemeen een hypotensie. Mensen met een paraplegie zijn in de regel normotensief. De bloeddrukrespons op inspanning is verstoord door het verlies van de cardiovasculaire controle en reflexmatige vasoconstrictie onder het laesieniveau⁷. Mensen met een complete hoge thoracale of cervicale laesie hebben verlamde spieren onder de laesie en verlies van supraspinale controle over het vaatbed in de buik, dat het grootste bloedvolume bevat. Dit samen leidt tot veneuze pooling in de buik en (in mindere mate) benen. Hierdoor is er een kleiner circulerend bloedvolume beschikbaar voor de armspieren tijdens inspanning. Het gebruik van een buikband en steunkousen kan dit deels tegengaan. De buikband zorgt voor een verhoogde intra-abdominale druk waardoor veneuze terugstroom wordt bevorderd en hypotensie wordt tegengegaan^{8,9}. Daarnaast verhoogt de buikband de rompstabiliteit¹⁰.

Hartfrequentie

De hartfrequentie wordt zowel parasymphatisch als sympathisch gereguleerd. De parasymphatische innervatie van het hart is intact bij mensen met een dwarslaesie, ongeacht laesiehoogte of -compleetheid. De sympathische innervatie van het hart komt vanuit het niveau thoracaal 1-5 en kan aangedaan zijn afhankelijk van de laesiehoogte en -compleetheid. Bij mensen met een tetraplegie zorgt een chronische afname van de cardiale preload en druk voor atrofie van de linker ventrikel. Mensen met een paraplegie hebben een normaal linker ventrikel en hartminuutvolume, maar het slagvolume is

verkleind en de rusthartfrequentie verhoogd. Dit komt door de verminderde veneuze terugstroom naar het hart. Tijdens inspanning kan de hartfrequentie bij mensen met een complete cervicale laesie alleen toenemen door terugtrekking van de parasymphatische activiteit. De hartfrequentie is dan maximaal 100-120 slagen per minuut⁷.

Dysreflexie en thermoregulatie

Mensen met een dwarslaesie boven thoracaal 6 hebben kans op autonome dysreflexie⁷. Autonome dysreflexie is een situatie waarbij het autonome zenuwstelsel ongecontroleerd reageert op externe (b.v. ergens op zitten) of interne prikkels (b.v. volle blaas). Deze prikkels zorgen voor adrenaline-uitstoot door de bijniere, die als gevolg van de dwarslaesie niet wordt geremd. De vasoconstrictie onder het laesieniveau die hierop volgt, kan zorgen voor een hypertensie met zeer hoge waarden (tot 300/200 mmHg), bradycardie en bleke koude extremiteiten met kippenvet onder het laesieniveau. De parasymphatische compensatie boven het laesieniveau zorgt onder andere voor een rode gelaatskleur, zweten, grote pupillen en een verstopte neus. In extreme gevallen kan autonome dysreflexie leiden tot een hersenbloeding, epileptisch insult, atriumfibrilleren, myocardinfarct, en zelfs de dood. Het is dus van belang om autonome dysreflexie te voorkomen door patiënten hun blaas te laten ledigen voor de inspanningstest en te zorgen dat ze bijvoorbeeld geen knellende kleding aan hebben. Bij symptomen van autonome dysreflexie is het belangrijk de oorzakelijke prikkel weg te nemen en de patiënt rechtop te laten zitten. Indien de uitlokkende prikkel niet weggenomen kan worden en de symptomen persistenten, kan oraal 25 mg captopril worden gegeven. Indien er symptomen zijn van autonome dysreflexie, dient in geen geval te worden gestart met de CPET. Autonome dysreflexie wordt in de paralympische topsport nog wel eens misbruikt om de prestatie te verbeteren. Dit heet boosting. Boosting is verboden door het Internationaal Paralympisch Comité¹¹. Daarnaast leidt de dwarslaesie tot een verstoorde thermoregulatie⁷. Er is een verminderde afferente input naar het thermoregulatiecentrum en er is een verstoring van zowel de vasomotore controle als de zweetcapaciteit. Mensen met een tetraplegie vertonen vaak weinig tot geen zweetrespons. Afhankelijk van de laesiehoogte en

-completeheid kunnen mensen met een dwarslaesie gevoeliger zijn voor oververhitting door de omgeving (temperatuur en vochtigheid) en door inspanning (intensiteit en duur). Het is dus belangrijk dat de CPET niet wordt uitgevoerd onder warme, vochtige condities en liefst in een lab met goede klimaatbeheersing. Ventilatoren, hydratatie en kompressen kunnen worden gebruikt ter verkoeling. Er is, voor zover bekend, geen duidelijk gedefinieerde bovengrens qua omgevingstemperatuur en luchtvochtigheid voor patiënten met een tetraplegie. Bij twijfel is het beter om de CPET op een ander moment uit te voeren. Als laatste kunnen personen met een tetraplegie, vanwege uitval van ademhalingspijpen, een veranderd ademhalingspatroon laten zien. Tijdens submaximale inspanning laten mensen met een tetraplegie een lager teugvolume zien, dat wordt gecompenseerd door een hogere ademhalingsfrequentie¹². Daarnaast laten ze een toegenomen eindexpiratoir longvolume zien op 80% van hun piekvermogen (PO_{piek}) vergeleken met rust (zgn. dynamische hyperinflatie), dat bij mensen zonder dwarslaesie niet wordt gevonden¹².

Uitvoering test

De CPET dient het liefst zo sportspecifiek mogelijk te worden afgenomen. Piekwaarden van vermogen, zuurstofopname, ventilatie en hartfrequentie kunnen significant hoger zijn bij handbiken of armcranken vergeleken met rolstoelrijden¹³. Rolstoelersporters (b.v. rolstoelbasketballers, rolstoeltennissers) kunnen dus het beste in hun eigen sportrolstoel worden gemeten op een rolstoelergometer (figuur 2A) of op een lopende band waarbij de helling kan worden verhoogd of waarbij er middels een pulley-systeem extra gewicht kan worden toegevoegd om de weerstand te verhogen. Handbikers kunnen worden getest in hun eigen handbike gekoppeld aan een Cyclus2 ergometer (figuur 2B). Het is hierbij wel van belang dat de voetsteunen aan de handbike blijven zitten om schuiven te voorkomen en maximale vermogensleverantie te garanderen. Handbikers kunnen ook gemeten worden met een armcrankergometer. Hierbij moeten de cranks synchroon zijn ingesteld zoals ook in de handbike. Als de test niet kan worden uitgevoerd in de eigen rolstoel of handbike is het van belang dat de testrolstoel of -handbike zo goed mogelijk wordt aangepast op de gebruiker. De patiënt moet niet gaan schuiven tijdens de test, want dit kan leiden tot decubitus, een



Figuur 2A. Uitvoering van de CPET op de rolstoelergometer bij een rolstoelrugbyatleet.

vaak voorkomend en serieus probleem bij mensen met een dwarslaesie. Decubitus is moeilijk te behandelen en leidt vaak tot (langdurige) bedrust. In dit kader is het ook van belang om te letten op een goed kussen in de rolstoel of de handbike. Daarnaast moeten blessures aan de bovenste extremiteiten worden voorkomen.

Armcrankergometer

Een veelgebruikte algemene testopstelling voor rolstoelgebruikers is de armcrankergometer (figuur 2C). De patiënt zit hierbij in zijn eigen rolstoel. Het is belangrijk dat de rolstoel met kabels stevig wordt vastgesnoerd op een plaat op de grond zodat de rolstoel niet gaat bewegen als de weerstand omhoog gaat. Daarnaast dient de patiënt stabiel te zitten op een goed kussen. Bij patiënten met verminderde rompfunctie kan de romp bij twijfel met elastische banden worden gefixeerd aan de rolstoel. Bij patiënten met verminderde handfunctie dienen de handen stevig aan de handvatten te worden bevestigd,



Figuur 2B. Uitvoering van de CPET in de handbike gekoppeld aan de Cycclus2 ergometer.

bijvoorbeeld met een quadgrip of Active Hands®. Om blessures te voorkomen is het van belang dat de positie van de rolstoelgebruiker ten opzichte van de ergometer wordt gestandaardiseerd: de armen moeten niet worden overstrekt tijdens de draacyclus. In de verste positie dient de elleboog dus nog enigszins geflecteerd te zijn. Daarnaast mag de crankas van de ergometer niet boven de schouderhoogte uitkomen. Het liefst wordt de crankhoogte zo laag mogelijk ingesteld, waarbij de handvatten in de hoogste stand niet boven schouderhoogte uitkomen, maar aan de onderkant ook net niet de benen raken. Bij het bevestigen van de ECG-elektroden is het van belang dat ze niet in aanraking komen met de rugleuning van de rolstoel of handbike om storing te voorkomen. Plaats de elektroden van het linkerbeen

en de aarde dus wat naar de zijkant van de lage onder-rug. Bij het maken van een inspannings-ECG bij arminspanning zijn bewegingsartefacten veelvoorkomend. Subtiële ECG-veranderingen kunnen hierdoor lastig te onderscheiden zijn. Grote veranderingen zoals forse ST-depressie of ritmestoornissen zijn over het algemeen wel goed zichtbaar. Maak te allen tijde voor de CPET een rust-ECG als uitgangspunt. Het meten van de bloeddruk tijdens de CPET is lastig bij armarbeid. Het omhouden van de bloeddrukband tijdens de test is niet wenselijk. Een bloeddrukmeting in rust voorafgaand aan de test is een goed uitgangspunt. Net na de test kan de bloeddruk opnieuw gemeten worden. Over het algemeen laten patiënten met een paraplegie een, te verwachten, stijging van de bloeddruk zien tijdens de test, terwijl bij

patiënten met een tetraplegie een hypotensie kan optreden¹⁴. Indien patiënten met een tetraplegie klachten van hypotensie ervaren na de CPET, kunnen ze eventueel in liggende positie worden gebracht met de benen omhoog. Daarnaast kan het helpen om water te drinken. Een hypertensie in rust voorafgaand aan de CPET als relatieve contra-indicatie (systolisch > 200 mmHg en/of diastolisch > 110 mmHg) is voor patiënten met een dwarslaesie niet anders dan voor de algemene populatie¹⁵. Eventueel kan worden overwogen om enkele submaximaalblokjes uit te voeren en direct na ieder blokje de bloeddruk te meten om zo de bloeddrukrespons in kaart te brengen. Daarnaast is het van belang om alert te zijn op autonome dysreflexie. Voor evaluatie van de trainingsperiode is het van belang dat de CPET na de trainingsperiode exact hetzelfde wordt uitgevoerd als de CPET voor de trainingsperiode. Dit geldt voor de testopstelling (b.v. armcrank vs. handbike), details van de testopstelling (b.v. hoogte cranks, wel of geen buikband), alsmede het testprotocol (beginweerstand, stapgrootte, staplengte).

Testprotocol

Als er een keuze is gemaakt voor de testopstelling, is het vervolgens van belang om een goed testprotocol te kiezen. Het testprotocol moet, zoals bij elke inspanningstest, niet te kort of te lang zijn. Hoe snel de weerstand



Figuur 2C. Uitvoering van de CPET op de armcrankergometer.

Tabel 1. Aandoeningsspecifieke absolute contra-indicaties voor CPET bij patiënten met een dwarslaesie¹⁶.

Contra-indicatie	Tetraplegie	Paraplegie
Autonome dysreflexie	X	
Ernstige of geïnfecteerde decubituswond	X	X
Symptomatische hypotensie	X	
Algehele malaise bij urineweginfectie	X	X
Ongecontroleerde spasticiteit of pijn	X	X
Instabiele fractuur	X	X
Ongecontroleerde hete en vochtige omgeving	X	
Onvermogen om patiënt veilig en stabiel, met goed kussen, op testapparatuur te positioneren	X	X
Te weinig range of motion om de test goed uit te voeren	X	X

Naast de beschikbare actieve spiermassa bepalen de autonome consequenties van de dwarslaesie de reactie op inspanning

op dient te lopen, kan erg variëren in de heterogene groep mensen met een dwarslaesie. Een CPET van acht tot twaalf minuten wordt als optimaal gezien¹⁷. Voor recreatieve (relatief ongetrainde) handbikers is een model gemaakt waarmee, op basis van geslacht (0=man; 1=vrouw), leeftijd (jaren), laesieniveau (0=boven Th6; 1=gelijk aan/onder Th6), laesiecompleteitheid (0=motor compleet (AIS A/B); 1=motor incompleet (AIS C/D)), tijd sinds ontstaan dwarslaesie (jaren), uren handbiketruining/week gedurende de laatste drie maanden, en de body

mass index (BMI in kg/m²) een schatting kan worden gemaakt voor het te halen piekvermogen (POpiek) van de handbiker¹⁸. Het model is gebaseerd op inspanningstesten afgenomen op een synchrone armcrankergometer en in een handbike aangesloten op de Cyclus2.

$$PO_{\text{piek}} (W) = 107,05 - (41,13 * \text{geslacht}) - (0,59 * \text{leeftijd}) + (26,67 * \text{laesieniveau}) + (10,92 * \text{completeitheid}) + (0,18 * \text{tijd sinds ontstaan dwarslaesie}) + (1,82 * \text{handbiketruining}) + (0,52 * \text{BMI})$$

Deze predictoren samen bleken 42% van de POpiek te verklaren. Als er ook een 30s Wingate test is afgenomen, kan de uitkomst daarvan samen met de andere determinanten 76% van POpiek verklaren¹⁹. Als de inspanningstest op een rolstoelergometer wordt uitgevoerd, kan het protocol van Janssen et al. (1993)²⁰ worden gebruikt. Deze schattingen zijn gebaseerd op metingen bij mannelijke rolstoelgebruikers met een dwarslaesie. Momenteel worden nieuwe schattingen gemaakt voor paralympische rolstoelersporters die deze testen hebben uitgevoerd op de Lode Esseda rolstoelergometer. Zie

Tabel 2. Referentiewaarden voor POpiek en POpiek/kg, voor mensen met een laesieniveau boven Th6 (>Th6) en onder of gelijk aan Th6 (≤Th6). Slecht (<20%), matig (20-40%), gemiddeld (40-60%), goed (60-80%) en excellent (>80%) (N=243).

Uitkomst	Niveau	Groep	Aantal	Slecht	Matig	Gemiddeld	Goed	Excellent
POpiek (W)	>Th6	Totaal	80	< 63	63 - 80	80 - 102	102 - 122	> 122
		Man	64	< 65	65 - 90	90 - 114	114 - 130	> 130
		Vrouw	16	< 49	49 - 70	70 - 72	72 - 81	> 81
	≤Th6	Totaal	163	< 87	87 - 112	112 - 131	131 - 150	> 150
		Man	121	< 110	110 - 125	125 - 142	142 - 156	> 156
		Vrouw	42	< 72	72 - 80	80 - 87	87 - 101	> 101
POpiek/kg (W/kg)	>Th6	Totaal	79	< 0.84	0.84 - 1.04	1.04 - 1.30	1.30 - 1.56	> 1.56
		Man	63	< 0.85	0.85 - 1.13	1.13 - 1.37	1.37 - 1.60	> 1.60
		Vrouw	16	< 0.71	0.71 - 0.91	0.91 - 1.03	1.03 - 1.25	> 1.25
	≤Th6	Totaal	159	< 1.22	1.22 - 1.47	1.47 - 1.62	1.62 - 2.06	> 2.06
		Man	119	< 1.32	1.32 - 1.52	1.52 - 1.80	1.80 - 2.10	> 2.10
		Vrouw	40	< 1.04	1.04 - 1.16	1.16 - 1.41	1.41 - 1.60	> 1.60

Tabel 3. Referentiewaarden voor VO_2 piek en VO_2 piek/kg, voor mensen met een laesieniveau boven Th6 (>Th6) en onder of gelijk aan Th6 (\leq Th6). Slecht (<20%), matig (20-40%), gemiddeld (40-60%), goed (60-80%) en excellent (>80%) (N=243).

Uitkomst	Niveau	Groep	Aantal	Slecht	Matig	Gemiddeld	Goed	Excellent
VO_2 piek (L/min)	>Th6	Totaal	80	< 1.14	1.14 – 1.35	1.35 – 1.60	1.60 – 1.90	> 1.90
		Man	64	< 1.15	1.15 – 1.51	1.51 – 1.72	1.72 – 2.02	> 2.02
		Vrouw	16	< 0.89	0.89 – 1.06	1.06 – 1.30	1.30 – 1.36	> 1.36
	\leq Th6	Totaal	160	< 1.46	1.46 – 1.76	1.76 – 2.06	2.06 – 2.39	> 2.39
		Man	120	< 1.68	1.68 – 1.96	1.96 – 2.20	2.20 – 2.48	> 2.48
		Vrouw	40	< 1.16	1.16 – 1.33	1.33 – 1.53	1.53 – 1.73	> 1.73
VO_2 piek/kg (ml/kg/min)	>Th6	Totaal	79	< 14.56	14.56 – 17.41	17.41 – 20.81	20.81 – 25.97	> 25.97
		Man	63	< 15.17	15.17 – 17.41	17.41 – 21.62	21.62 – 26.12	> 26.12
		Vrouw	16	< 12.02	12.02 – 14.85	14.85 – 18.16	18.16 – 22.22	> 22.22
	\leq Th6	Totaal	156	< 19.27	19.27 – 23.81	23.81 – 26.94	26.94 – 30.38	> 30.38
		Man	118	< 20.84	20.84 – 24.56	24.56 – 27.54	27.54 – 31.30	> 31.30
		Vrouw	38	< 17.47	17.47 – 18.96	18.96 – 23.99	23.99 – 26.51	> 26.51

voor de verschillende formules en invulhulp:
www.handbikebattle.nl/wetenschap/publicaties.

Interpretatie resultaten

De piekheartfrequentie ligt bij armarbeid over het algemeen lager dan bij beenarbeid. Dat komt door de verminderde spiermassa van de armen ten opzichte van de benen. Waar bij beenarbeid de (arbitraire) regel '220 – leeftijd' wordt gebruikt, is dat voor armarbeid '200 – leeftijd'²¹. Bij mensen met een verstoorde sympathische innervatie van het hart (mogelijk bij laesie boven thoracaal 6), zal de piekheartfrequentie een stuk lager liggen (maximaal 100-120 slagen per minuut). Bij deze mensen is de relatie tussen de heartfrequentie en de zuurstofopname vaak ook niet lineair. Dat betekent dat de heartfrequentie niet gebruikt kan worden om de intensiteit van de training in te stellen²². De 'rating of perceived exertion' (RPE)²³ en het vermogen worden dan geadviseerd om de trainingsintensiteit mee in te stellen en te monitoren. Om die reden zou overwogen kunnen worden om bij patiënten met een tetraplegie iedere minuut tijdens de test te vragen naar de RPE. POpiek en piekzuurstofopname (VO_2 piek) zijn bij

armarbeid over het algemeen ook lager dan bij beenarbeid. Bij valide, ongetrainde mensen ligt de waarde voor VO_2 piek tijdens armarbeid op 70% van de waarde behaald tijdens beenarbeid²⁴. Tabel 2 en 3 geven referentiewaarden weer voor POpiek en VO_2 piek tijdens een synchrone handbike/armcranktest, gebaseerd op 243 recreatieve handbikers met een dwarslaesie¹⁸. Vergelijkbare tabellen zijn verkrijgbaar voor CPET's uitgevoerd op een rolstoelergometer²⁵. De POpiek en VO_2 piek zijn bij rolstoeltesten over het algemeen een stuk lager dan bij testen op de armcrankergometer of handbike. De ventilatoire drempels kunnen bij de meeste mensen met een dwarslaesie worden bepaald uit de gegevens van de CPET. Uit onderzoek van Kouwijzer et al. (2019)²⁶ bleek dat in deze groep 90% van de drempels kon worden bepaald. De 10% die niet kon worden bepaald, was vooral bij hogere intensiteit (tweede drempel) en bij mensen met een tetraplegie. Mensen met een hoge dwarslaesie hebben vaak een lagere fitheid waardoor het verschil tussen zuurstofopname in rust en de VO_2 piek klein is. Daardoor zijn mogelijk de drempels minder goed zichtbaar. Mogelijk kan het ook komen doordat ze perifeer eerder vermoeid zijn waardoor

ze de pedalen niet meer rondkrijgen en stoppen voordat de tweede drempel is bereikt.

Discussie

De eerder beschreven schattingsmodellen zijn gebaseerd op uniek grote groepen als het gaat om mensen met een dwarslaesie, maar overall is de steekproef vrij klein (N=104 voor armergometrie¹⁸ en N=44 voor de rolstoelergometrie²⁰). De modellen geven alleen een ondersteuning voor het instellen van het testprotocol naast de aanwezige klinische expertise. Daarnaast is het ook niet de bedoeling dat dergelijke modellen de CPET vervangen. Voor de referentiewaarden geldt hetzelfde: het aantal deelnemers is voor dwarslaesie aanzienlijk (N=243 voor armergometrie en N=166 voor rolstoelergometrie²⁵) maar helaas niet groot genoeg om referentiewaarden te creëren voor meerdere subgroepen (b.v. ook leeftijd naast geslacht en laesiehoogte). De referentiewaarden geven dus een aardige indicatie maar dienen ook voorzichtig te worden gebruikt. Bijvoorbeeld een man van 70 jaar met een hoge complete dwarslaesie scoort wellicht in het 'slechte' percentiel maar gezien zijn leeftijd bereikt hij wellicht een goed piekvermogen.

Samenvatting

Het afnemen en interpreteren van een CPET bij patiënten met een dwarslaesie vereist enige kennis van de kenmerken van arminspanning en van de diagnose. Naast de beschikbare actieve spiermassa bepalen de autonome consequenties van de dwarslaesie de reactie op inspanning; zoals de bloeddruk, de hartfrequentie en de temperatuurregulatie. Daarnaast kan autonome dysreflexie optreden. Een sport specifieke testopstelling is van belang, waarbij comfort, stabiliteit, en fixatie extra aandacht verdienen. De piekzuurstofopname en het piekvermogen zijn lager dan bij beenarbeid en afhankelijk van de testopstelling en het gekozen testprotocol. De piekhartslag kan bij patiënten met een dwarslaesie boven T6 zelfs zeer laag zijn. Daarnaast kan het beloop van de hartfrequentie tijdens de test non-lineair zijn. Standaardisatie van de testopstelling en het protocol is noodzakelijk voor effectmeting over de tijd. Interpretatie van resultaten is mogelijk op basis van dwarslaesie- en sport specifieke (armcrank vs. rolstoel) referentiewaarden.

Over de auteurs

Ingrid Kouwijzer is arts en bewegingswetenschapper en werkzaam als postdoctoraal onderzoeker. Afdeling Bewegingswetenschappen, Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam Movement Sciences. Reade, Revalidatie en Reumatologie, Amsterdam.

Drs. Floor P. Groot is sportarts. Revalidatiecentrum Heliomare, Wijk Aan Zee Sport- en Bewegingskliniek, Haarlem Afdeling Revalidatie,

Fysiotherapiewetenschappen & Sport, UMC Utrecht, Rudolf Magnus Instituut voor Neurowetenschappen, Utrecht.

Drs. David F. Gobets is revalidatiearts. Revalidatiecentrum Heliomare, Wijk Aan Zee.

Dr. Sonja de Groot is bewegingswetenschapper en werkzaam als universitair hoofddocent en senior onderzoeker. Afdeling Bewegingswetenschappen, Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.

Movement Sciences. Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde Utrecht, UMC Utrecht Hersencentrum, UMC Utrecht; De Hoogstraat Revalidatie, Utrecht.

Corresponderende auteur: Ingrid Kouwijzer, afdeling Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit, Van der Boechorststraat 7-9, 1081 BT Amsterdam. i.kouwijzer@vu.nl.

Referenties

1. Van den Berg-Emons RJ, Bussmann JB, Stam HJ. Accelerometry-based activity spectrum in persons with chronic physical conditions. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1856-61.
2. Garshick E, Kelley A, Cohen SA, Garrison A, Tun CG, Gagnon D, Brown R. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005 Jul;43(7):408-16.
3. Kilkens OJ, Dallmeijer AJ, Nene AV, Post MW, van der Woude LH. The longitudinal relation between physical capacity and wheelchair skill performance during inpatient rehabilitation of people with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005 Aug;86(8):1575-81.
4. Chiou SY, Clarke E, Lam C, Harvey T, Nightingale TE. Effects of Arm-Crank Exercise on Fitness and Health in Adults With Chronic Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Front Physiol*. 2022 Mar 17;13:831372.
5. Van Velzen JM, van Leeuwen CM, de Groot S, van der Woude LH, Faber WX, Post MW. Return to work five years after spinal cord injury inpatient rehabilitation: is it related to wheelchair capacity at discharge? *J Rehabil Med*. 2012 Jan;44(1):73-9.
6. Van Koppenhagen CF, Post M, de Groot S, van Leeuwen C, van Asbeck F, Stolwijk-Swüste J, van der Woude L, Lindeman E. Longitudinal relationship between wheelchair exercise capacity and life satisfaction in patients with spinal cord injury: A cohort study in the Netherlands. *J Spinal Cord Med*. 2014 May;37(3):328-37.
7. De Groot, S. Chapter 12: Physical, Sensory, and Intellectual Impairments; *Spinal Cord Injury*. In: ACSM's Clinical Exercise Physiology. Ed. Walter R. Thompson. 2019. Philadelphia, Wolters Kluwer Health. Page 546 – 551.
8. West CR, Campbell IG, Shave RE, Romer LM. Effects of abdominal binding on cardiorespiratory function in cervical spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol*. 2012 Mar 15;180(2-3):275-82.
9. West CR, Campbell IG, Goosey-Tolfrey VL, Mason BS, Romer LM. Effects of abdominal binding on field-based exercise responses in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury. *J Sci Med Sport*. 2014 Jul;17(4):351-5.
10. Curtis KA, Kindlin CM, Reich KM, White DE. Functional reach in wheelchair users: the effects of trunk and lower extremity stabilization. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995 Apr;76(4):360-7.
11. Chapter 4.2 – Position Statement on Autonomic Dysreflexia and Boosting. In: IPC Handbook, April 2016, section 2.
12. Gee CM, Eves ND, Sheel AW, West CR. How does cervical spinal cord injury impact the cardiopulmonary response to exercise? *Respir Physiol Neurobiol*. 2021 Nov;293:103714.
13. Dallmeijer AJ, Zentgraaff ID, Zijp NI, van der Woude LH. Submaximal physical strain and peak performance in handcycling versus handrim wheelchair propulsion. *Spinal Cord*. 2004 Feb;42(2):91-8.
14. Claydon VE, Hol AT, Eng JJ, Krassioukov AV. Cardiovascular responses and postexercise hypotension after arm cycling exercise in subjects with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006 Aug;87(8):1106-14.
15. Chapter 2: Preassessment Screening. In: ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual. Fifth edition. 2017. Philadelphia, Wolters Kluwer Health. Page 11 – 16.
16. Chapter 5: Spinal Cord Dysfunction. In: ACSM's Resources for Clinical Exercise physiology, Musculoskeletal, Neuromuscular, Neoplastic, Immunologic, and Hematologic Conditions. Second edition. Myers J. and Nieman D. 2010. Philadelphia, Wolters Kluwer Health. Pages 58 – 78.
17. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1983;55: 1558–1564.
18. Kouwijzer I, Valent L, Osterthun R, van der Woude L, de Groot S; HandbikeBattle group. Peak power output in handcycling of individuals with a chronic spinal cord injury: predictive modeling, validation and reference values. *Disabil Rehabil*. 2020 Feb;42(3):400-409.
19. De Groot S, Kouwijzer I, Valent LJM, van der Woude LHV, Nash MS, Cowan RE. Good association between sprint power and aerobic peak power during asynchronous arm-crank exercise in people with spinal cord injury. *Disabil Rehabil*. 2021 Feb;43(3):378-385.
20. Janssen TW, van Oers CA, Hollander AP, Veeger HE, van der Woude LH. Isometric strength, sprint power, and aerobic power in individuals with a spinal cord injury. *Med Sci Sports Exerc*. 1993 Jul;25(7):863-70.
21. Goosey-Tolfrey V. Bases physiological testing guidelines: the disabled athlete. In: E. M. Winter, editor. *The British association of sport and exercise sciences guide*. Vol. 1, Oxon: Routledge; 2007. p. 358–367.
22. Valent LJ, Dallmeijer AJ, Houdijk H, Sloopman J, Janssen TW, Hollander AP, van der Woude LH. The individual relationship between heart rate and oxygen uptake in people with a tetraplegia during exercise. *Spinal Cord*. 2007 Jan;45(1):104-11.
23. Hutchinson MJ, Kouwijzer I, de Groot S, Goosey-Tolfrey VL. Comparison of two Borg exertion scales for monitoring exercise intensity in able-bodied participants, and those with paraplegia and tetraplegia. *Spinal Cord*. 2021 Nov;59(11):1162-1169.
24. Larsen RT, Christensen J, Tang LH, Keller C, Doherty P, Zwister AD, Taylor RS, Langberg H. A systematic review and meta-analysis comparing cardiopulmonary exercise test values obtained from the arm cycle and the leg cycle respectively in healthy adults. *Int J Sports Phys Ther*. 2016 Dec;11(7):1006-1039.
25. Janssen TW, Dallmeijer AJ, Veeger DJ, van der Woude LH. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*. 2002 Jan-Feb;39(1):29-39.
26. Kouwijzer I, Cowan RE, Maher JL, Groot FP, Riedstra F, Valent LJM, van der Woude LHV, de Groot S. Interrater and intrarater reliability of ventilatory thresholds determined in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2019 Aug;57(8):669-678.