

# Het meten van het maximale inspanningsvermogen bij patiënten na een beroerte. Een kritisch literatuuroverzicht

J.G. Brugging-Tijhof, T. Takken, J.C. Outermans, G. Kwakkel, I.G.L. van de Port

**Doelen** Doel van dit literatuuroverzicht is het samenvatten van de criteria die voor maximale inspanning worden toegepast bij patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt en vaststellen of deze criteria ook worden behaald. In dit kader zal een overzicht worden gegeven van de toegepaste testprotocollen, de test-hertestbetrouwbaarheid en de concurrente validiteit van deze testprotocollen.

**Method**e De volgende databases zijn doorzocht tot 1 mei 2009: PubMed, EMBASE en CINAHL. Ook de literatuurlijsten zijn nagekeken. Als inclusiecriteria zijn gehanteerd: 1) patiënten hebben een beroerte doorgemaakt; 2) patiënten voerden een maximale inspanningstest uit waarbij minimaal een van de volgende uitkomstmaten werden gemeten: de piekhartslag (peak heart rate [ $HR_{\text{piek}}$ ]), het percentage van de naar leeftijd voorspelde maximale hartslag (*percentage age-predicted maximum heart rate* [%APMHR]), de piek-respiratoire gaswisselingsverhouding (respiratory exchange rate [ $RER_{\text{piek}}$ ]), de hoogst gemeten zuurstofopname ( $VO_2$ ) in de laatste fase van de test ( $VO_{2\text{piek}}$ ) of de maximale zuurstofopname ( $VO_{2\text{max}}$ ), de bloeddruk en de duur van de test; 3) de publicatie was geschreven in de Engelse, Nederlandse of Duitse taal.

**Resultaten** Dertig van de 1186 gevonden studies waren voor dit literatuuroverzicht relevant. In die 30 studies werd een maximale inspanningstest uitgevoerd, in 11 op de loopband, in 19 op de fietsergometer. De criteria voor maximale inspanning verschilden per studie en werden veelal niet behaald. Voor beide tests varieerde de test-hertestbetrouwbaarheid van gemiddeld tot zeer hoog. De validiteit van de criteria voor maximale inspanning is niet onderzocht.

**Conclusie** Op basis van dit literatuuroverzicht kan geen voorkeur voor een bepaald testprotocol worden uitgesproken. Na een beroerte halen patiënten de criteria die worden gesteld voor maximale inspanning veelal niet. Vervolgonderzoek zou gericht moeten zijn op het valideren van criteria voor maximale inspanning voor deze patiëntencategorie.

Een beroerte is een van de belangrijkste oorzaken van chronische invaliditeit.<sup>1,2</sup> In het jaar 2000 is het aantal mensen dat een beroerte heeft gehad in Nederland geschat op 118.500.<sup>3</sup> Demografisch onderzoek toont aan dat dit aantal in 2020 naar alle waarschijnlijkheid met 27% zal zijn toegenomen. Geschat wordt dat in 2020 in Nederland 150.000 patiënten zullen leven met de gevolgen van een beroerte.<sup>3</sup> Verschillende studies hebben aangetoond dat de balans en loopvaardigheid bij patiënten met een hemiplegie voor een belangrijk deel ontstaat doordat deze patiënten steeds beter leren omgaan met het bestaande functieverlies.<sup>4,5</sup> Dit compensatiegedrag leidt er wel toe dat deze patiënten relatief meer energie gebruiken tijdens het lopen dan gezonde leeftijdgenoten. Bovendien is na een beroerte de conditie van de meeste patiënten verminderd; hun maximale inspanningsvermogen is gedaald naar gemiddeld 50 tot 60% van dat van gezonde leeftijdgenoten.<sup>6-10</sup> Beide aspecten hebben tot

gevolg dat na een beroerte de activiteiten van het dagelijks leven (adl), zoals lopen, sterk af nemen<sup>11</sup> en dat patiënten als gevolg van hun verminderde actieradius geleidelijk aan een inactieve leefstijl ontwikkelen.<sup>12</sup> Op dit moment wordt verondersteld dat deze vicieuze cirkel van deconditionering op zich weer een risicofactor is voor hart- en vaatziekten.<sup>13</sup> Dit alles suggereert dat het trainen van het maximale inspanningsvermogen een prominente plaats verdient binnen de reguliere behandeling van deze patiëntengroep. Het is bekend dat voor een effectief trainingsprogramma de sessies van voldoende intensiteit moeten zijn. In de gezonde populatie wordt de trainingsintensiteit vaak gebaseerd op een percentage van de naar leeftijd voorspelde maximale hartslagfrequentie.<sup>14</sup> Hoewel de hartslagfrequentie ook als maat wordt gebruikt voor het bepalen van de trainingsintensiteit bij patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt, is het de vraag of hartslagfrequentie voor deze groep wel een valide maat is,

Drs. J.G. Brugging-Tijhof  
Afdeling Fysiotherapie Carint  
Reggeland Groep, Almelo

Dr. T. Takken  
Opleiding Fysiotherapie-  
wetenschap, Universiteit  
Utrecht; Kinderbewegings-  
centrum, Wilhelmina Kinder-  
ziekenhuis, UMC Utrecht

Drs. J.C. Outermans  
Instituut voor Bewegingsstu-  
dies, Faculteit gezondheids-  
zorg, Hogeschool Utrecht

Prof. dr. G. Kwakkel  
Afdeling Revalidatiegenees-  
kunde, VU Medisch Centrum,  
Amsterdam

Dr. I.G.L. van de Port  
Kenniscentrum Revalidatie-  
geneeskunde Utrecht, Revali-  
datiecentrum De Hoogstraat,  
Utrecht

Correspondentie  
Drs. J.G. Brugging-Tijhof  
Scheldestraat 1  
7442 EL Nijverdal  
E: jokebrugging@telfort.nl

omdat een groot percentage van deze patiënten  $\beta$ -blockers gebruikt en omdat de relatie tussen de zuurstofopname en de hartslagfrequentie na een beroerte mogelijk is veranderd.<sup>9,15</sup> De trainingsintensiteit kan echter ook worden bepaald op basis van het maximale inspanningsvermogen tijdens een inspanningstest. De meest gebruikte parameter voor het bepalen van het maximale inspanningsvermogen is de maximale zuurstofopname ( $VO_{2max}$ ) tijdens een maximale inspanningstest.<sup>14,16</sup> Het bereiken van een  $VO_2$ -plateau wordt vaak beschouwd als het primaire criterium voor het bereiken van de  $VO_{2max}$ .<sup>14</sup> Daarnaast bepalen secundaire criteria het maximale inspanningsvermogen, zoals het percentage van de naar leeftijd voorspelde maximale hartslag (*percentage age-predicted maximum heart rate* [%APMHR]), de respiratoire gaswisselingsverhouding (*respiratory exchange ratio* [RER]), de bloeddruk en de hoogst gemeten  $VO_2$ -waarde ( $VO_{2piek}$ ).<sup>17,18</sup> Voor deze criteria worden verschillende afkappunten gehanteerd.<sup>17</sup> De gewenste tijdsduur van een maximale inspanningstest ligt tussen de 8 en 12 minuten.<sup>14,19,20</sup> Een test die te lang duurt, kan een patiënt vroegtijdig uitputten, zonder dat deze de kans heeft gekregen om het werkelijke maximum te bereiken. Het is niet bekend welke van de genoemde criteria het geschiktst zijn om na een beroerte de mate van (maximale) inspanning te bepalen. Tevens is het onduidelijk welk testprotocol bij deze populatie toegepast kan worden voor het bepalen van het maximale inspanningsvermogen. Om inzicht te krijgen in het gebruik en de geschiktheid van testprotocollen en de daarbij behorende uitkomstmaten voor het bepalen van het maximale inspanningsvermogen na een beroerte, zijn in dit literatuuroverzicht de volgende vragen gesteld:

1. Welke testprotocollen zijn tot nu toe toegepast om het maximale inspanningsvermogen te meten bij patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt?
2. Zijn de testprotocollen voor het meten van het maximale inspanningsvermogen onderzocht in termen van test-hertestbetrouwbaarheid en concurrente validiteit?
3. Welke criteria voor het meten van het maximale inspanningsvermogen worden gehanteerd en worden deze criteria in de beschreven maximale inspanningstests ook daadwerkelijk behaald?

## Methode

### Zoekstrategie

Door de auteur (JGB) is gezocht in de databases PubMed, EMBASE en CINAHL naar studies die zijn gepubliceerd tot 1 mei 2009, met de volgende zoektermen: 'physical fitness', 'exercise tolerance', 'exercise test', 'physical endurance' en 'stroke'. Er is zowel met vrije tekstwoorden als met MESH-termen gezocht. De literatuurlijsten van de geselecteerde publicaties zijn gescreend en beoordeeld op relevantie (JGB). Studies zijn geïncludeerd wanneer ze voldeden aan de volgende criteria: 1) de patiënten waren gediagnosticeerd met 'een beroerte' volgens de definitie van de WHO;<sup>22</sup> 2) de

### Definities

Een *beroerte* is gedefinieerd als 'het plotseling ontstaan van klinische verschijnselen van een focale stoornis van de hersenfunctie met een duur van meer dan 24 uur of leidend tot de dood, waarvoor geen andere oorzaak aanwezig is dan een vasculaire stoornis'.<sup>21</sup>

Een *maximale inspanningstest* is gedefinieerd als een inspanningstest op een fietsergometer of op een loopband, met als doel het maximale inspanningsvermogen te bepalen.

patiënten hadden een maximale inspanningstest uitgevoerd waarbij minimaal een van de volgende uitkomstmaten werd gemeten tijdens het testen: a) piekhartslag ( $HR_{piek}$ ), b) het %APMHR, c) de respiratoire gaswisselingsverhouding (RER), d) de maximale zuurstofopname tijdens een maximale inspanningstest ( $VO_{2max}$ ), e) de hoogst gemeten  $VO_2$ -waarde in de laatste fase van de inspanningstest ( $VO_{2piek}$ ), f) de bloeddruk, g) de duur van de test; 3) de publicatie was in de Engelse, Nederlandse of Duitse taal geschreven.<sup>21</sup> Zowel interventie- als observatiestudies zijn geïncludeerd. Van interventiestudies zijn de baselinegegevens gebruikt; een eventueel interventie-effect is buiten beschouwing gelaten. Indien er meerdere publicaties de resultaten van dezelfde onderzoekspopulatie beschrijven, is in dit literatuuroverzicht slechts 1 publicatie daarvan opgenomen.

### Data-extractie

De relevante studiekarakteristieken zijn geëxtraheerd ('populatie', 'testprotocol en psychometrische eigenschappen', 'criteria voor maximale inspanning' en 'uitkomstmaten'). De intraclass-correlatiecoëfficiënt (ICC) voor de mate van test-hertestbetrouwbaarheid van de testprotocollen is goed bevonden bij een score tussen de 0,8 en 0,9.<sup>22</sup> Voor de mate van de test-hertestbetrouwbaarheid en de mate van de concurrente validiteit van de protocollen zijn de correlatiecoëfficiënten als volgt geclassificeerd: < 0,5 is een geringe samenhang; 0,50-0,69 is een gemiddelde samenhang; 0,70-0,89 is een grote samenhang en < 0,90 is een zeer grote samenhang.<sup>23</sup>

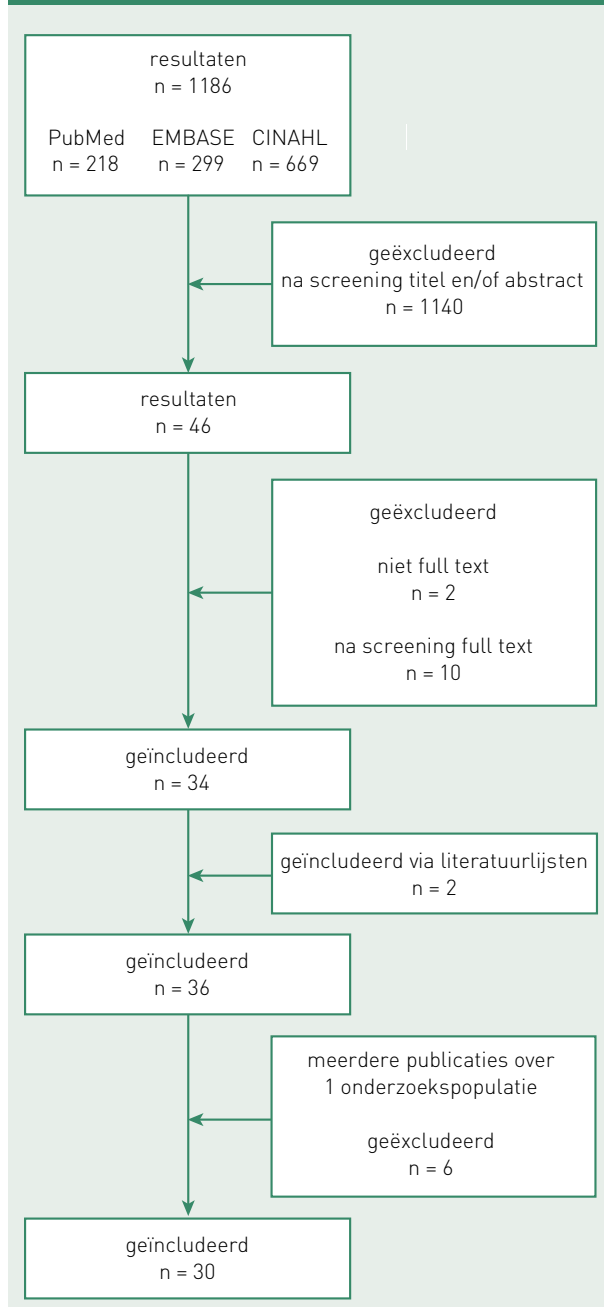
## Resultaten

### Literatuurselectie

De zoekstrategie in de verschillende digitale databases leverde 1186 publicaties op (*figuur 1*). Na screening van de titel en het abstract zijn er 46 studies geselecteerd. Van 2 studies kon de volledige tekst niet worden verkregen; deze studies zijn geëxcludeerd;<sup>24,25</sup> 6 studies zijn geëxcludeerd omdat de onderzoekspopulatie bestond uit een cohort van gezonde personen;<sup>26-31</sup> 1 studie is geëxcludeerd omdat de onderzoekspopulatie niet exclusief bestond uit patiënten met de diagnose beroerte;<sup>32</sup> 2 studies zijn geëxcludeerd omdat er geen maximale inspanningstest was uitgevoerd;<sup>33,34</sup> en 1 studie is geëxcludeerd

omdat de maximale inspanningstest niet was beschreven.<sup>35</sup> Door middel van screening van de literatuurlijsten zijn nog 3 relevante publicaties gevonden.<sup>36-38</sup> Hiervan is alsnog 1 publicatie geëxcludeerd, omdat ook van deze studie de volledige tekst niet kon worden verkregen.<sup>38</sup> Macko et al., MacKay-Lyons et al., Eng et al., Pang et al., Tomczak et al. en Tang et al. publiceerden 2 keer over dezelfde onderzoekspopulatie.<sup>7,10,39-48</sup> De eerst verschenen publicatie is geïnccludeerd.

Figuur 1 **Stroomschema geïnccludeerde studies.**



## Beschrijving van de studies

De tabel met de karakteristieken van alle geïnccludeerde studies zijn terug te vinden op [www.fysionet.nl](http://www.fysionet.nl).

## Maximale inspanningstest op de loopband

### Populatie

In 11 van de geselecteerde studies voerde de onderzoekspopulatie de maximale inspanningstest uit op de loopband.<sup>7,37,44,49-56</sup> De omvang van deze populaties varieerde van 15<sup>49</sup> tot 87<sup>56</sup> deelnemers, met een gemiddelde leeftijd van 63<sup>51,53</sup> tot 66<sup>37</sup> jaar. De gemiddelde tijd die was verstreken sinds de beroerte varieerde van 26,0 dagen<sup>7</sup> tot 3,2 jaar<sup>37</sup>. In 4 studies werd beschreven hoeveel patiënten  $\beta$ -blockers gebruikten (13%<sup>44</sup> tot 52%<sup>7</sup> van de deelnemers).<sup>53,54</sup>

### Testprotocol

Er werden 4 verschillende testprotocollen gebruikt. In 8 studies werd de maximale inspanningstest uitgevoerd volgens het testprotocol volgens Macko et al. in 1997, een gemodificeerd Balke-protocol, waarin de loopsnelheid gedurende de test constant blijft en alleen de hellingshoek per 2 minuten 2% toeneemt.<sup>37,44,50-55</sup> In enkele studies werd deze constante loopsnelheid bepaald met een tolerantietest op de loopband voorafgaand aan de maximale inspanningstest. De gemiddelde loopsnelheid varieerde van 2,12 km/h<sup>54</sup> tot 2,34 km/h<sup>44</sup>. In de studie van MacKay-Lyons et al. werd een protocol toegepast met 15% lichaamsgewichtondersteuning, waarbij de loopsnelheid werd bepaald door de patiënt en de hellingshoek gedurende de test steeg met 2,5% per 2 minuten.<sup>7</sup> Na 10 minuten bleef de hellingshoek gelijk en werd de loopsnelheid opgevoerd met 0,18 km/h van gemiddeld 1,40 km/h aan het begin van de test en 1,94 km/h aan het einde van de test. In de studie van Yang et al. werd ook een gemodificeerd Balke-protocol beschreven, waarbij tijdens de test een constante snelheid van 1,62 km/h werd aangehouden, met een hellingshoek die steeg met 3,5% per 2 minuten.<sup>49</sup> In de studie van Resnick et al. werd een gemodificeerd Bruce-protocol gebruikt.<sup>56</sup>

### Test-hertest betrouwbaarheid

Van 2 protocollen is de test-hertestbetrouwbaarheid onderzocht.<sup>7,54</sup> De  $HR_{\text{piek}}$  had een correlatiecoëfficiënt van 0,87<sup>54</sup> en een ICC van 0,93<sup>7</sup>; de  $VO_{2\text{piek}}$  had een correlatiecoëfficiënt van 0,92<sup>54</sup> en een ICC van 0,94<sup>7</sup>; de  $RER_{\text{piek}}$  had een correlatiecoëfficiënt van 0,72<sup>54</sup>.

### Concurrente validiteit

De concurrente validiteit van de maximale inspanningstest op de loopband bij patiënten die een beroerte hebben doorgeemaakt, is niet onderzocht.

### Inspanningsparameters

De gemiddelde  $HR_{\text{piek}}$  na afloop van de test werd gerapporteerd in 5 studies.<sup>7,37,44,49,54</sup> Deze varieerde van 110 slagen<sup>49</sup> tot

130<sup>37</sup> slagen per minuut. In 3 studies werd het gemiddelde %APMHR berekend.<sup>7,44,54</sup> Dit percentage varieerde van 81%<sup>54</sup> tot 85%<sup>7</sup>. In 4 studies werd de gemiddelde  $RER_{\text{piek}}$  na afloop van de test gerapporteerd.<sup>7,37,49,54</sup> Deze varieerde van 0,96<sup>37,54</sup> tot 1,06<sup>49</sup>. In 10 studies werd de gemiddelde  $VO_{2\text{piek}}$  gerapporteerd.<sup>7,37,49,56</sup> Deze varieerde van 11,2 ml/kg/min<sup>49</sup> tot 15,6 ml/kg/min<sup>37</sup>. In 5 studies werden de systolische en diastolische bloeddruk gerapporteerd.<sup>7,37,44,49,54</sup> De gemiddelde systolische bloeddruk (SBD) varieerde van 165 mmHg<sup>49</sup> tot 187 mmHg<sup>37</sup>; de gemiddelde diastolische bloeddruk (DBD) van 91 mmHg<sup>37</sup> tot 98 mmHg<sup>7</sup>. In 4 studies werd de gemiddelde duur van de maximale inspanningstest weergegeven.<sup>7,37,44,54</sup> Deze varieerde van 7,3 minuten<sup>54</sup> tot 9,3<sup>44</sup> minuten.

De reden voor het beëindigen van de test werd in 2 studies genoemd. Bij 74%<sup>44</sup> en 83%<sup>7</sup> van de patiënten was dit vermoeidheid. In de studie van Macko et al. moest 13% van de patiënten de test afbreken vanwege cardiopulmonale symptomen.<sup>44</sup> In de studie van MacKay-Lyons et al. was dat 17% van de patiënten, vanwege een SBD > 250 mmHg of een DBD > 115 mmHg.<sup>7</sup>

### Criteria maximale inspanning

In 2 studies werd beschreven of de opgestelde criteria voor maximale inspanning waren bereikt.<sup>7,54</sup> In de studie van MacKay-Lyons et al. behaalde 76% van de patiënten 1 of meer van de criteria voor maximale inspanning: 62% bereikte een  $RER_{\text{piek}} > 1,0$  en 55% een  $HR_{\text{piek}}$  die < 15 slagen per minuut afweek van de APMHR; 28% bereikte een SBD > 200 mmHg, 17% bereikte een  $VO_2$ -plateau.<sup>7</sup> In de studie van Dobrovolny et al. behaalde 9% beide gestelde criteria voor maximale inspanning, namelijk een  $RER_{\text{piek}} > 1,1$  en het bereiken van de APMHR.<sup>54</sup>

### Maximale inspanningstest op de fietsergometer

#### Populatie

In 19 van de geselecteerde studies werd een maximale inspanningstest op de fietsergometer uitgevoerd.<sup>6,9,10,15,36,40,46,48,57-67</sup> De onderzoekspopulatie varieerde van 10<sup>46</sup> tot 100<sup>36</sup> deelnemers. De gemiddelde leeftijd liep uiteen van 48<sup>58</sup> tot 70<sup>36</sup> jaar. De gemiddelde tijd die was verstreken sinds de beroerte varieerde van 2 weken<sup>59</sup> tot 7,5 jaar<sup>46</sup>. In 10 studies werd beschreven hoeveel patiënten  $\beta$ -blockers gebruikten.<sup>6,9,46,48,57,60,65,66</sup> Dit varieerde van 11%<sup>40</sup> tot 82%<sup>67</sup>. In 2 studies werden de patiënten die  $\beta$ -blockers gebruikten geëxcludeerd.<sup>15,59</sup> In de overige studies werd hierover geen informatie gegeven.

#### Testprotocol

Voor de maximale inspanningstest op de fietsergometer werden in de 19 geselecteerde studies 16 verschillende testprotocollen gebruikt. In de studie van Pang et al. werden 2 verschillende testprotocollen beschreven.<sup>40</sup>

In 12 studies werd gebruik gemaakt van een standaard fietsergometer. In 2 studies werd de maximale inspanningstest op een semi-ligfietsergometer uitgevoerd<sup>6,48</sup> en in 1 studie op een

ligfietsergometer.<sup>46</sup> In 1 studie werd een maximale inspanningstest beschreven waarbij de patiënt in zijn eigen rolstoel zit.<sup>15</sup> In 2 studies werd de maximale inspanningstest eenmaal uitgevoerd met alleen het paretische been en eenmaal met alleen het niet-paretische been.<sup>63,66</sup> In 1 studie werd een gecombineerde fietsergometertest voor de bovenste en onderste extremiteit toegepast.<sup>60</sup>

De belasting bij aanvang van de maximale inspanningstest varieerde van 0 W<sup>6,10,15,36,42,58,60,63,65-67</sup> tot 20 W<sup>40,61,64</sup>. De toename liep op tot 20 W per minuut.<sup>10,40</sup> Het aantal omwentelingen per minuut (rpm) varieerde van 40<sup>60,62</sup> tot 50-70 rpm<sup>9,10</sup>.

### Test-hertestbetrouwbaarheid

In 4 studies werd de test-hertestbetrouwbaarheid onderzocht van de maximale inspanningstest op de fietsergometer.<sup>9,10,36,48</sup> In 3 studies werd de ICC van de  $VO_{2\text{piek}}$  bepaald.<sup>10,36,48</sup> Deze varieerde van 0,50<sup>48</sup> tot 0,98<sup>36</sup>. In 1 studie werd de ICC van de  $VO_{2\text{max}}$  bepaald (0,94),<sup>9</sup> en in 1 studie de ICC van de  $RER_{\text{piek}}$  (0,58).<sup>48</sup> In 3 studies werd de ICC van de  $HR_{\text{piek}}$  bepaald.<sup>36,48,79</sup> Deze varieerde van 0,74<sup>48</sup> tot 0,97<sup>9</sup>. In 1 studie werd zowel de ICC van het %APMHR (0,85) als die van de duur van de test bepaald (0,94).<sup>36</sup> In 2 studies werd de ICC van de maximale belasting bepaald.<sup>48,9</sup> Deze varieerde van 0,60<sup>48</sup> tot 0,99<sup>9</sup>.

### Concurrente validiteit

In de studie van Billinger et al. werd de concurrente validiteit berekend tussen een maximale inspanningstest op een fietsergometer en een maximale inspanningstest op een Total-Body Recumbent Stepper.<sup>67</sup> De correlatiecoëfficiënt van de  $VO_{2\text{piek}}$  was 0,91; die van de  $HR_{\text{piek}}$  0,89.

### Inspanningsparameters

In 16 studies werd de  $HR_{\text{piek}}$  na afloop van de test berekend.<sup>6,9,10,15,40,46,48,57-60,62,63,65-67</sup> Deze varieerde van 105<sup>48</sup> tot 148<sup>10</sup> slagen/minuut. In 4 studies werd het gemiddelde percentage van de APMHR bepaald; dit varieerde van 75%<sup>60</sup> tot 95%<sup>10</sup>. In 7 studies werden data gerapporteerd over de gemiddelde behaalde  $RER_{\text{piek}}$ .<sup>6,9,40,48,61,63,67</sup> De gevonden waarden varieerden van 0,89<sup>6</sup> tot 1,22<sup>9</sup>. In 15 studies werd de  $VO_{2\text{piek}}$  gemeten.<sup>6,9,10,36,40,46,48,57,61-67</sup> Deze varieerde van 10,7 ml/min/kg<sup>48,66</sup> tot 22,0 ml/min/kg<sup>40</sup>. In 7 studies werd de SBD en/of de DBD weergegeven.<sup>6,9,10,46,60,66,67</sup> De gemiddelde systolische bloeddruk varieerde van 134 mmHg<sup>9</sup> tot 185 mmHg<sup>6</sup>. De gemiddelde diastolische bloeddruk varieerde van 79 mmHg<sup>67</sup> tot 106 mmHg<sup>6</sup>. In 14 studies werd de maximale belasting aan het einde van de test weergegeven.<sup>6,9,15,40,46,48,57-59,61-63,65,66</sup> Deze gemiddelde maximale belasting varieerde van 8 W<sup>15,59</sup> tot 104 W<sup>40</sup>. In 6 studies werd de gemiddelde tijdsduur van de test weergegeven.<sup>9,36,60,61,66,67</sup> Deze varieerde van 4,6<sup>61</sup> tot 10,7<sup>67</sup> minuten. De reden voor het beëindigen van de test werd in 6 studies weergegeven.<sup>6,48,58,60,66,67</sup> Vermoeidheid was de meest genoemde reden. In de studie van Kelly et al. was bij 10% van de deelnemende patiënten een ecg-afwijking de reden om de test te beëindigen.<sup>6</sup> In de studie van Hill et al. kreeg 13% van de

patiënten cardiopulmonale symptomen, welke aanleiding waren om de test te beëindigen.<sup>60</sup> In de studie van Tang et al. was dat een abnormale bloeddruk (11% van de deelnemers).<sup>48</sup> In de studie van Carvalho et al. werd door 68% van de patiënten de test beëindigd vanwege pijn in de benen.<sup>66</sup>

### Criteria maximale inspanning

In 10 studies werden criteria beschreven voor het bereiken van de maximale inspanning.<sup>9,10,15,36,40,48,59-61,64</sup> In de studie van Eng et al. bereikten alle patiënten minimaal 3 van de 4 opgestelde criteria.<sup>10</sup> In de studie van Hill et al. bereikte 33% het criterium 85% van de APMHR.<sup>60</sup> In de studie van Tang et al. bereikte 3% alle 3 de criteria, 54% bereikte minimaal een van de criteria, 34% bereikte een  $VO_2$ -plateau, 43% bereikte een  $RER_{\text{piek}} > 1,0$  en 6% bereikte een  $HR_{\text{piek}}$  die minder dan 10 slagen per minuut afweek van de APMHR.<sup>48</sup> In de studie van Billinger et al. bereikte 64% van de patiënten 80% van de APMHR.<sup>67</sup>

### Discussie

In dit literatuuroverzicht zijn 30 studies geïncludeerd, met als doel inzicht te krijgen in het gebruik en de geschiktheid van testprotocollen voor het bepalen van het maximale inspanningsvermogen na een beroerte. In 11 studies is een maximale inspanningstest uitgevoerd op een loopband en in 19 studies op een fietsergometer, met een grote verscheidenheid aan testprotocollen en bijbehorende uitkomstmaten. Ook zijn er veel verschillende criteria gehanteerd om de maximale inspanning te definiëren, met verschillende afkappunten. Ditzelfde beeld komt naar voren uit literatuurstudies naar maximale inspanningstests bij ouderen en gezonde personen.<sup>68,31</sup>

Wanneer we kijken naar  $VO_2$ -plateau, vaak beschouwd als het primaire criterium voor het bereiken van maximale inspanning,<sup>14</sup> moet worden geconcludeerd dat maar weinig populaties dit criterium halen; zelfs voor gezonde personen staat de validiteit van het criterium ter discussie.<sup>17,18,69</sup> In studies die zijn uitgevoerd onder ouderen varieert het percentage deelnemers dat het criterium haalt van 34%<sup>70</sup> tot 75%<sup>71-72</sup>. Bij patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt ligt dit percentage nog lager. In de studie van MacKay-Lyons et al. bereikt 17% van de deelnemende patiënten een  $VO_2$ -plateau tijdens een maximale inspanningstest (loopband);<sup>7</sup> in de studie van Tang et al. is dat 34% (semi-ligfietsergometer).<sup>48</sup> Ook een  $RER_{\text{piek}} > 1,0$  wordt door patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt duidelijk minder vaak gehaald dan door gezonde ouderen. Gerapporteerde percentages bij deze groep zijn 43%<sup>48</sup> en 62%<sup>7</sup>, terwijl in een studie met gezonde ouderen percentages van 72% (vrouwen) en 96% (mannen) worden gevonden.<sup>72</sup> Verschillen in  $RER_{\text{piek}}$  tussen de verschillende studies kan mogelijk worden verklaard door verschillen in populatie (leeftijd, medicatie), het soort ergometer en de protocollen die zijn gebruikt bij het verhogen van de belasting.

De resultaten van dit literatuuroverzicht onderschrijven de gedachte dat de maximale hartslagfrequentie geen geschikte maat is om inspanningsvermogen te rapporteren bij patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt. Afhankelijk van het gekozen afkappunt bereikte tussen de 6%<sup>48</sup> en 64%<sup>67</sup> van de patiënten het gestelde criterium voor maximale hartslagfrequentie.<sup>7,48,60,67</sup>

Mogelijk wordt dit verklaard door het gebruik van  $\beta$ -blockers, onder deze patiëntencategorie gebruikelijke medicatie, aangezien  $\beta$ -blockers de hartslagfrequentie verlagen, ook tijdens inspanning,<sup>73,74</sup> terwijl ze daarnaast het hartslagverhogende effect van onder andere adrenaline vermindert.<sup>75</sup> Verder duurt het na inname van deze medicatie langer voordat de zuurstofopname tijdens inspanning in een steady-state komt, waardoor een grotere zuurstofschuld ontstaat en er meer energie uit anaerobe energiebronnen moet worden gehaald.<sup>75</sup>

In 3 van de in deze literatuurstudie geïncludeerde studies is rekening gehouden met  $\beta$ -blockers door de formule voor de predictie van de APMHR voor patiënten die  $\beta$ -blockers gebruikten aan te passen.<sup>7,40,48</sup> Deze aanpassing zorgt er echter niet automatisch voor dat het criterium wel wordt gehaald. Ook gaat deze aanpassing voorbij aan de interindividuele verschillen van het effect van  $\beta$ -blockers op de hartslagfrequentie tijdens inspanning.<sup>74</sup>

In de beschreven studies wordt de maximale inspanningstest dus vaak beëindigd voordat de deelnemers de criteria voor maximale inspanning hebben bereikt die in de desbetreffende studie zijn gesteld.

Als reden voor het stoppen van een maximale inspanningstest wordt vermoeidheid het meest genoemd; dit geldt voor zowel de tests op de loopband als die op de fietsergometer. Bij slechts enkele studies wordt beschreven dat de test wordt beëindigd vanwege ongewenste cardiovasculaire neveneffecten, zoals ecg-afwijkingen of een hoge bloeddruk. Om onveilige situaties te voorkomen en indien noodzakelijk de maximale inspanningstest te kunnen staken, is het van belang dat tijdens een maximale inspanningstest na een beroerte de bloeddruk wordt gemeten en een ecg wordt gemaakt. Deze beide variabelen zijn het best te meten tijdens fietsergometrie, omdat men bij fietsergometrie minder hinder heeft van bewegingsartefacten.<sup>76</sup>

In de gezonde populatie wordt gemiddeld een hoger inspanningsvermogen gemeten tijdens een maximale inspanningstest die wordt uitgevoerd op de loopband vergeleken met een test op de fietsergometer, waarschijnlijk omdat er op de loopband meer spieractiviteit wordt gevraagd.<sup>77-78</sup> Uit de beschikbare literatuur blijkt dat dit niet per definitie geldt voor patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt. De hoogste gemiddelde  $VO_{2\text{piek}}$ -waarde van 22,0 ml/kg/min is gevonden tijdens fietsergometrie.<sup>40</sup> In deze studie behaalden de deelnemers ook op de overige uitkomstmaten een hoge score. Dit kan duiden op een relatief goede populatie. Daarnaast spelen bij patiënten met een beroerte mogelijk beperkende factoren,

zoals een verminderde balans, verminderde coördinatie en de angst om te vallen, een grotere rol bij een inspanningstest op de loopband dan bij een inspanningstest op de fiets.

Het trainen van het maximale inspanningsvermogen neemt een steeds belangrijkere plaats in binnen de reguliere behandeling van patiënten met een beroerte. Het is dus belangrijk om inzicht te hebben in de mate waarin bij deze patiëntenpopulatie het maximale inspanningsvermogen structureel is verminderd.

Eenzijds is het nog onduidelijk in hoeverre de afname van het inspanningsvermogen van deze patiëntenpopulatie wordt veroorzaakt door een verminderde cardiovasculaire belastbaarheid. Anderzijds resulteert een verminderd efficiënte aansturing van het bewegingsapparaat door het centraal neurologisch defect in een relatief zwaardere belasting bij het zich voortbewegen, met als gevolg een verminderde actieradius, wat mogelijk weer bijdraagt aan een afname van het inspanningsvermogen.

Inspanningsfysiologisch gerichte trainingsprogramma's, zoals in de hart- en longrevalidatie worden toegepast, zijn nog geen gemeengoed binnen de revalidatie van patiënten met een beroerte. Om deze trainingsprogramma's voor deze patiëntengroep verder te ontwikkelen, is het belangrijk dat er overeenstemming wordt bereikt over welke criteria voor maximale inspanning bij deze populatie valide toepasbaar zijn.

Zolang de validiteit van de criteria voor maximale inspanning niet is vastgesteld voor deze patiëntengroep, kan wanneer bijvoorbeeld de  $VO_{2\text{piek}}$  wordt bepaald de validiteit van deze  $VO_{2\text{piek}}$  worden vastgesteld door middel van een additionele supramaximale test.<sup>79</sup> Na afloop van de maximale inspanningstest wordt dan, na een herstelfase, een aanvullende inspanningsproef uitgevoerd met een constante belasting die iets hoger (10%) is dan de maximale belasting die bereikt is in de voorafgaande maximale inspanningstest. Met deze aanpak kan worden geverifieerd of de gevonden maximale waarde ook daadwerkelijk maximaal is.

De geïncludeerde studies in dit literatuuroverzicht zijn moeilijk te vergelijken doordat niet alle informatie beschikbaar is. Zo is in een aantal studies het testprotocol niet gedetailleerd beschreven, varieert de tijd die is verstreken sinds de beroerte, evenals het percentage patiënten dat  $\beta$ -blockers gebruikt. Daarnaast worden er verschillende criteria voor maximale inspanning gebruikt, waardoor er verschillende uitkomstmaten worden gemeten. Deze aspecten zullen in toekomstige studies beter inzichtelijk gemaakt moeten worden.

## Conclusies en aanbevelingen

Om het maximale inspanningsvermogen te meten bij patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt, zijn in de literatuur verschillende testprotocollen toegepast. Criteria om vast te stellen of een inspanningstest maximaal is uitgevoerd, veelal opgesteld voor gezonde proefpersonen, worden

veelal niet gehaald door patiënten die een beroerte hebben doorgemaakt. Vervolgonderzoek zou gericht moeten zijn op het valideren van criteria voor maximale inspanning na een beroerte. Vervolgens kan worden onderzocht of deze criteria kunnen worden behaald volgens bestaande testprotocollen.

### Testing maximal exercise capacity in patients with stroke. A critical review

Testing maximal exercise capacity in patients with stroke. A critical review

#### Objectives

To give an overview of the criteria for maximal exercise capacity in patients with stroke and to determine whether the criteria are attainable during testing. The test-retest reliability and concurrent validity of protocols used to measure maximal exercise capacity were also assessed.

#### Methods

PubMed, EMBASE, and CINAHL databases were searched up to May 2009, as were reference lists of the retrieved publications. The following inclusion criteria were applied: 1) participants with stroke; 2) participants had to perform a maximal exercise test with measurement of at least one of the following outcomes, namely, peak heart rate (HR<sub>peak</sub>), percentage of the age-predicted maximal heart rate (%APMHR), respiratory exchange ratio (RER), highest measured oxygen uptake during the final phase of the test (VO<sub>2peak</sub>) or the maximum oxygen uptake (VO<sub>2max</sub>), blood pressure, exercise duration; and 3) the study was published in English, German, or Dutch.

#### Results

Thirty of 1186 retrieved studies were included in the review. Eleven studies assessed maximal exercise capacity using a treadmill and 19 studies used a cycle ergometer. Various criteria for maximal exercise capacity were used, but were often not met. The testing methods showed medium to very high test-retest reliability; the validity of the criteria for maximal exercise capacity was not examined.

#### Conclusions

On the basis of this literature review, it is not possible to determine which protocol for testing maximal exercise capacity is the most suitable for patients who have had a stroke. Patients often do not meet the criteria for maximal exercise capacity. The validity of the criteria for maximal exercise capacity for these patients should be investigated.

#### Key words

Physical Fitness, Exercise Tolerance, Exercise Test, Stroke

*Ned Tijdschr Fysiother.* 2010;120(3):112-20

## Literatuur

1. Feigin VL, Lawes CM, Bennett DA, Anderson CS. Stroke epidemiology: a review of population-based studies of incidence, prevalence, and case-fatality in the late 20th century. *Lancet Neurol*. 2003 Jan;2(1):43-53.
2. Murray CJ, Lopez AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study. *Lancet*. 1997 May 24;349(9064):1498-504.
3. Struijs JN, Genugten ML van, Evers SM, Ament AJ, Baan CA, Bos GA van den. Modeling the future burden of stroke in The Netherlands: impact of aging, smoking, and hypertension. *Stroke*. 2005 Aug;36(8):1648-55.
4. Buurke JH, Nene AV, Kwakkel G, Erren-Wolters V, IJzerman MJ, Hermens HJ. Recovery of gait after stroke: what changes? *Neuro-rehabil Neural Repair*. 2008 Nov-Dec;22(6):676-83.
5. Huitema RB, Hof AL, Mulder T, Brouwer WH, Dekker R, Postema K. Functional recovery of gait and joint kinematics after right hemispheric stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004 Dec;85(12):1982-8.
6. Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM, Zeman B, Raymond J. Cardio-respiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003 Dec;84(12):1780-5.
7. Mackay-Lyons MJ, Makrides L. Exercise capacity early after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002 Dec;83(12):1697-702.
8. Eng JJ, Chu KS, Dawson AS, Kim CM, Hepburn KE. Functional walk tests in individuals with stroke: relation to perceived exertion and myocardial exertion. *Stroke*. 2002 Mar;33(3):756-61.
9. Potempa K, Lopez M, Braun LT, Szidon JP, Fogg L, Tincknell T. Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke*. 1995 Jan;26(1):101-5.
10. Eng JJ, Dawson AS, Chu KS. Submaximal exercise in persons with stroke: test-retest reliability and concurrent validity with maximal oxygen consumption. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004 Jan;85(1):113-8.
11. Ivey FM, Macko RF, ryan AS, Hafer-Macko CE. Cardiovascular health and fitness after stroke. *Top Stroke Rehabil*. 2005;12(1):1-16.
12. Rimmer JH. Exercise and physical activity in persons aging with a physical disability. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2005 Feb;16(1):41-56.
13. Gordon NF, Gulanick M, Costa F, Fletcher G, Franklin BA, Roth EJ, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *Stroke*. 2004 May;35(5):1230-40.
14. American college of sports medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
15. Katz-Leurer M, Shochina M, Carmeli E, Friedlander Y. The influence of early aerobic training on the functional capacity in patients with cerebrovascular accident at the subacute stage. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003 Nov;84(11):1609-14.
16. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
17. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(9):1292-301.
18. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ. The maximally attainable  $\dot{V}O_2$  during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol*. 2003 Nov;95(5):1901-7.
19. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*. 2001 Oct 2;104(14):1694-740.
20. Myers J, Buchanan N, Walsh D, Kraemer M, McAuley P, Hamilton-Wessler M, et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol*. 1991 May;17(6):1334-42.
21. World Health Organization. Stroke – 1989. Recommendations on stroke prevention, diagnosis and therapy. Report of the WHO task Force on Stroke and other Cerebrovascular Disorder. *Stroke*. 1989;20(10):1407-31.
22. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New York: Academic Press; 1977.
23. Munro BH. Correlations. In: Munro BH, Visintainer M.A, Page EB, editors. Statistical methods for health care research. Philadelphia: J.B. Lippincott; 1993.
24. Michael KM, Allen JK, Macko RF. Fatigue after stroke: relationship to mobility, fitness, ambulatory activity, social support, and falls efficacy. *Rehabil Nurs*. 2006 Sep-Oct;31(5):210-7.
25. Yates JS, Studenski S, Gollub S, Whitman R, Perera S, Lai SM, et al. Bicycle ergometry in subacute-stroke survivors: feasibility, safety, and exercise performance. *J Aging Phys Act*. 2004 Jan;12(1):64-74.
26. Lee CD, Folsom AR, Blair SN. Physical activity and stroke risk: a meta-analysis. *Stroke*. 2003 Oct;34(10):2475-81.
27. Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT. Cardiorespiratory fitness and the risk for stroke in men. *Arch Intern Med*. 2003 Jul 28;163(14):1682-8.
28. Lee CD, Blair SN. Cardiorespiratory fitness and stroke mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*. 2002 Apr;34(4):592-5.
29. Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT. Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke*. 2001 Sep;32(9):2036-41.
30. Kurl S, Sivenius J, Makikallio TH, Rauramaa R, Laukkanen JA. Exercise workload, cardiovascular risk factor evaluation and the risk of stroke in middle-aged men. *J Intern Med*. 2009 Feb;265(2):229-37.
31. Poole DC, Wilkerson DP, Jones AM. Validity of criteria for establishing maximal  $\dot{V}O_2$  uptake during ramp exercise tests. *Eur J Appl Physiol*. 2008 Mar;102(4):403-10.
32. Dawes H, Scott OM, Roach NK, Wade DT. Exertional symptoms and exercise capacity in individuals with brain injury. *Disabil Rehabil*. 2006 Oct 30;28(20):1243-50.
33. Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeau S, Brouwer B. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment

- and disability in chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999 Oct;80(10):1211-8.
34. Lennon O, Blake C. Cardiac rehabilitation adapted to transient ischaemic attack and stroke (CRAFTS): a randomised controlled trial. *BMC Neurol.* 2009;9:9.
  35. Tang A, Closson V, Marzolini S, Oh P, McLroy W, Brooks D. Cardiac rehabilitation after stroke-need and opportunity. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2009 Mar-Apr;29(2):97-104.
  36. Duncan P, Studenski S, Richards L, Gollub S, Lai SM, Reker D, et al. Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke.* 2003 Sep;34(9):2173-80.
  37. Ryan AS, Dobrovolsky CL, Silver KH, Smith GV, Macko RF. Cardiovascular fitness after stroke: role of muscle mass and gait deficit severity. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2000;9(4):185-91.
  38. Moldover JR, Daum MC, Downey JA. Cardiac stress testing of hemiparetic patients with a supine bicycle ergometer: preliminary study. *Arch Phys Med Rehabil.* 1984;65(8):470-3.
  39. Pang MY, Eng JJ, Dawson AS, McKay HA, Harris JE. A community-based fitness and mobility exercise program for older adults with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 2005 Oct;53(10):1667-74.
  40. Pang MY, Eng JJ, Dawson AS. Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments. *Chest.* 2005 Feb;127(2):495-501.
  41. Mackay-Lyons MJ, Makrides L. Longitudinal changes in exercise capacity after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004 Oct;85(10):1608-12.
  42. Chu KS, Eng JJ, Dawson AS, Harris JE, Ozkaplan A, Gylfadottir S. Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004 Jun;85(6):870-4.
  43. Macko RF, Smith GV, Dobrovolsky CL, Sorkin JD, Goldberg AP, Silver KH. Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001 Jul;82(7):879-84.
  44. Macko RF, DeSouza CA, Tretter LD, Silver KH, Smith GV, Anderson PA, et al. Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients. A preliminary report. *Stroke.* 1997 Feb;28(2):326-30.
  45. Manns PJ, Tomczak CR, Jelani A, Cress ME, Haennel R. Use of the continuous scale physical functional performance test in stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009 Mar;90(3):488-93.
  46. Tomczak CR, Jelani A, Haennel RG, Haykowsky MJ, Welsh R, Manns PJ. Cardiac reserve and pulmonary gas exchange kinetics in patients with stroke. *Stroke.* 2008 Nov;39(11):3102-6.
  47. Sibley KM, Tang A, Brooks D, Brown DA, McLroy WE. Feasibility of adapted aerobic cycle ergometry tasks to encourage paretic limb use after stroke: a case series. *J Neurol Phys Ther.* 2008 Jun;32(2):80-7.
  48. Tang A, Sibley KM, Thomas SG, McLroy WE, Brooks D. Maximal exercise test results in subacute stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006 Aug;87(8):1100-5.
  49. Yang AL, Lee SD, Su CT, Wang JL, Lin KL. Effects of exercise intervention on patients with stroke with prior coronary artery disease: aerobic capacity, functional ability, and lipid profile: a pilot study. *J Rehabil Med.* 2007 Jan;39(1):88-90.
  50. Patterson SL, Forrester LW, Rodgers MM, Ryan AS, Ivey FM, Sorkin JD, et al. Determinants of walking function after stroke: differences by deficit severity. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007 Jan;88(1):115-9.
  51. Ivey FM, Ryan AS, Hafer-Macko CE, Goldberg AP, Macko RF. Treadmill aerobic training improves glucose tolerance and indices of insulin sensitivity in disabled stroke survivors: a preliminary report. *Stroke.* 2007 Oct;38(10):2752-8.
  52. Michael KM, Allen JK, Macko RF. Reduced ambulatory activity after stroke: the role of balance, gait, and cardiovascular fitness. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005 Aug;86(8):1552-6.
  53. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, Hanley D, Sorkin JD, Katzell LI, et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke.* 2005 Oct;36(10):2206-11.
  54. Dobrovolsky CL, Ivey FM, Rogers MA, Sorkin JD, Macko RF. Reliability of treadmill exercise testing in older patients with chronic hemiparetic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003 Sep;84(9):1308-12.
  55. Michael K, Macko RF. Ambulatory activity intensity profiles, fitness, and fatigue in chronic stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2007 Mar-Apr;14(2):5-12.
  56. Resnick B, Michael K, Shaughnessy M, Nahm ES, Kobunek S, Sorkin J, et al. Inflated perceptions of physical activity after stroke: pairing self-report with physiologic measures. *J Phys Act Health.* 2008 Mar;5(2):308-18.
  57. Courbon A, Calmels P, Roche F, Ramas J, Rimaud D, Fayolle-Minon I. Relationship between maximal exercise capacity and walking capacity in adult hemiplegic stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil.* 2006 May;85(5):436-42.
  58. Okada M. Cardiorespiratory fitness of post-stroke patients: as inpatients and as outpatients. *Int J Rehabil Res.* 2005 Sep;28(3):285-8.
  59. Katz-Leurer M, Shochina M. Heart Rate Variability (HRV) parameters correlate with motor impairment and aerobic capacity in stroke patients. *NeuroRehabilitation.* 2005;20(2):91-5.
  60. Hill DC, Ethans KD, MacLeod DA, Harrison ER, Matheson JE. Exercise stress testing in subacute stroke patients using a combined upper- and lower-limb ergometer. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005 Sep;86(9):1860-6.
  61. Rimmer JH, Riley B, Creviston T, Nicola T. Exercise training in a predominantly African-American group of stroke survivors. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Dec;32(12):1990-6.
  62. Fujitani J, Ishikawa T, Akai M, Kakurai S. Influence of daily activity on changes in physical fitness for people with post-stroke hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil.* 1999 Nov-Dec;78(6):540-4.
  63. Stibrant Sunnerhagen K. Circuit training in community-living 'younger' men after stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2007 May-Jun;16(3):122-9.



64. Rimmer JH, Rauworth AE, Wang EC, Nicola TL, Hill B. A preliminary study to examine the effects of aerobic and therapeutic (nonaerobic) exercise on cardiorespiratory fitness and coronary risk reduction in stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009 Mar;90(3):407-12.
65. Lee MJ, Kilbreath SL, Singh ME, Zeman B, Lord SR, Raymond J, et al. Comparison of effect of aerobic cycle training and progressive resistance training on walking ability after stroke: a randomized sham exercise-controlled study. *J Am Geriatr Soc.* 2008 Jun;56(6):976-85.
66. Carvalho C, Willen C, Sunnerhagen KS. Relationship between walking function and 1-legged bicycling test in subjects in the later stage post-stroke. *J Rehabil Med.* 2008 Oct;40(9):721-6.
67. Billinger SA, Tseng BY, Kluding PM. Modified total-body recumbent stepper exercise test for assessing peak oxygen consumption in people with chronic stroke. *Phys Ther.* 2008 Oct;88(10):1188-95.
68. Huggett DL, Connelly DM, Overend TJ. Maximal aerobic capacity testing of older adults: a critical review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005 Jan;60(1):57-66.
69. Myers J, Walsh D, Buchanan N, Froelicher VF. Can maximal cardiopulmonary capacity be recognized by a plateau in oxygen uptake? *Chest.* 1989;96:1312-6.
70. Thomas SG, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Donner AP, Howard JH. Protocols and reliability of maximal oxygen uptake in the elderly. *Can J Sport Sci.* 1987;12:144-51.
71. Foster VL, Hume GJ, Dickinson AL, Chatfield SJ, Byrnes WC. The reproducibility of  $\dot{V}O_{2max}$ , ventilatory, and lactate thresholds in elderly women. *Med Sci Sports Exerc.* 1986 Aug;18(4):425-30.
72. Sidney KH, Shephard RJ. Maximum and submaximum exercise tests in men and women in the seventh, eighth, and ninth decades of life. *J Appl Physiol.* 1977 Aug;43(2):280-7.
73. Wonisch M, Hofmann P, Fruhwald FM, Kraxner W, Hodl R, Pokan R, et al. Influence of beta-blocker use on percentage of target heart rate exercise prescription. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2003 Aug;10(4):296-301.
74. Tesch PA. Exercise performance and beta-blockade. *Sports Med.* 1985 Nov-Dec;2(6):389-412.
75. van Baak MA, Haan A de, Saris WHM, Kordelaar E van, Kuipers H, Vusse GJ van der.  $\beta$ -Adrenoceptor blockade and skeletal muscle energy metabolism during endurance exercise. *J Appl Physiol.* 1995 Jan;78(1):307-13.
76. Takken T, Blank AC, Hulzebos HJ, Brussel M van, Groen WG, Helder PJM. Cardiopulmonary exercise testing in congenital heart disease: equipment and test protocols. *Neth Heart J.* 2009;17(9):339-4.
77. Hermansen L, Ekblom B, Saltin B. Cardiac output during submaximal and maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1970 Jul;29(1):82-6.
78. Maeder M, Wolber T, Atefy R, Gadza M, Ammann P, Myers J, et al. Impact of the exercise mode on exercise capacity: bicycle testing revisited. *Chest.* 2005 Oct;128(4):2804-11.
79. Rossiter HB, Kowalchuk JM, Whipp BJ. A test to establish maximum  $O_2$  uptake despite no plateau in the  $O_2$  uptake response to ramp incremental exercise. *J Appl Physiol.* 2006 Mar;100(3):764-70.