

Aërobe training bij tetraplegia: een systematische review

Tine Dietvorst, Eindexamenopdracht afdeling Fysiotherapie Hogeschool Utrecht, Utrecht
11 juni 2007

Doel: Op systematische wijze samenvatten van studies betreffende de resultaten van aërobe training bij patiënten met een tetraplegie.

Vraagstelling: Hoe kun je mensen met een dwarslaesie vanaf en boven T1-T4, met een verlaagde hartslag en bloeddruk, aëroob trainen?

Methodes: Effectstudies over aërobe training bij patiënten met een tetraplegie werden geïdentificeerd via systematische zoekopdrachten in elektronische databases; Cochrane, Pubmed en DocOnline. Deze studies van aërobe training werden beoordeeld op methodologische kwaliteit aan de hand van de PEDRO-schaal.

Resultaten: De geïnccludeerde studies lieten een vergrootte VO_2 zien. In de studie van De Groot et al, 2003, verbeterde de VO_2 met 17% bij de LI groep (experimentele groep in tabel 2) en 50% bij de HI groep (controle groep in tabel 2) ($P < 0,05$). Bij Tordi et al, 2001, leverde de interventie een vergrootte VO_2 van 18,5% ($P < 0,05$), een significant verschil.

De interventies in de studies leverden een verlaagde bloeddruk (BP) in rust en verhoogde BP in training op. In de studie van Ditor et al, 2005, daalde de systolische bloeddruk (SBP) in rust met 1,9%, tijdens training daalde de systolische bloeddruk met 6,6%. De diastolische bloeddruk (DBP) daalde in rust met 2%, terwijl de DBP in training steeg met 4,7%.

verlaagde hartfrequentie (HF) in rust en training zien. Bij Hicks et al, 2003, steeg na 9 maanden training in de experimentele groep de SBP met 1,2% en DBP met 3,5% bij de paraplegia. Bij de tetraplegia daalde dit respectievelijk met 1 en 0,3%.

De hartfrequenties veranderden in de geïnccludeerde studies als volgt: Ditor et al -10% HF_{rust} ($P = 0,05$), -11,3% $HF_{training}$. Durán et al HF_{rust} -2,41% ($P < 0,05$) en HF_{max} 0% ($P < 0,20$). Hicks et al, $HF_{training}$ +24,4%, HF_{rust} steeg met 8,2%, en de HF/PO : -86,8% ($P < 0,05$). Tordi et al HF_{piek} -4,3% ($P < 0,05$).

Discussie/conclusie: Vanwege de methodologische tekortkomingen kan er nog geen sluitend antwoord gegeven worden op de vraag naar de effectiviteit van aërobe training bij tetraplegia.

Voorlopige conclusie is dat in verband met de verlaagde HF_{max} er voor de training een VO_{2max} test afgenomen moet worden om de maximale hartfrequentie te bepalen. Aan de hand van deze uitslag kan 40-80% van de maximale hartfrequentie bepaald worden. De optimale trainingstijd is 90-120 minuten, 3x per week op een HF 40-80%. Het beste kan de aërobe training uitgevoerd worden op een rolstoel ergometer of arm ergometer.

Inleiding

In Nederland wordt het aantal nieuwe dwarslaesie patiënten geschat op 2000 per jaar. Waarvan 200 traumatische gevallen. Hetzelfde aantal van 200 patiënten met een dwarslaesie, wordt veroorzaakt door een ontsteking, vasculaire stoornis of benigne tumor. Daarnaast wordt het aantal patiënten met een dwarslaesie door een maligniteit op 1770 per jaar geschat (NVDG website, mei 2007).

Een dwarslaesie onderbreekt de zenuwbanen in het ruggenmerg, waardoor parese van de spieren, verlies van de sensibiliteit en disfunctie onder het niveau van de laesie ontstaat (de Groot et al, 2003). Door de parese van de spieren heeft, het grootste deel, van de dwarslaesie patiënten een zittend bestaan. Hierdoor wordt de kans op een cardiovasculaire aandoening vergroot. Cardiovasculaire aandoeningen is de belangrijkste doodsoorzaak bij dwarslaesie patiënten. (Hicks et al, 2003).

Hartfalen komt bij 16,9% van de mensen met een dwarslaesie voor, in tegenstelling tot 6,9% bij gezonde mensen in dezelfde leeftijdscategorie (Durán et al, 2001).

De risicofactoren van hartfalen voor de algehele bevolking zijn hetzelfde voor dwarslaesie patiënten namelijk: obesitas, verhoogd cholesterolgehalte, glucose-intolerantie, verlaagde HDL-gehalte, zittend bestaan, roken en stress (Durán et al, 2001).

Om deze secundaire complicaties te voorkomen en te reduceren moeten dwarslaesie patiënten dagelijks gestructureerd trainen (Jacobs et al, 2004).

Bij personen met een cervicale dwarslaesie geeft trainen vaak problemen. Het meest voorkomend probleem is het verminderde aantal geïnnerveerde skeletspieren bij een hoge laesie. Naast het verminderde aantal skeletspieren dat een rol speelt bij de verminderde cardiopulmonaire en metabolische werking tijdens een training, zorgt de autonome disfunctie tevens voor problemen. De sympathische innervatie van het hart komt voort uit de ruggenmergsegmenten tussen T1 en T4. Dit betekent dat bij een laesie boven T1-T4 het slagvolume en de bloeddruk is verlaagd. De bloeddruk is verlaagd tot 70 mmHg en er is een lagere aërobe capaciteit (Birk et al, 2001 en Bizzarini et al, 2005). Voor de dagelijkse activiteiten en productiviteit in de rolstoel zijn de aërobe capaciteiten belangrijke prestatie-indicatoren (van der Woude, 2002). De hoogte van de laesie is sterk gerelateerd aan VO_2 max (maximale O_2 opname). Ten minste 60% van de VO_2 max wordt bepaald aan de hand van het aantal geïnnerveerde spieren bij ongetrainde personen (Birk et al, 2005). De VO_2 max is afhankelijk van de spiermassa, wat tot uitdrukking komt in de te meten maten. Namelijk mL/min per kg lichaamsmassa. Aangezien de spiermassa sterk is verminderd bij dwarslaesie patiënten is de VO_2 max logischerwijs gedaald. Naast de verminderde VO_2 max moet tijdens het trainen bij mensen met een hoge dwarslaesie rekening gehouden worden met een verlaagde maximale hartfrequentie van 110-130 slagen/minuut (Bizzarini et al, 2005 en Jacobs en Nash, 2004).

Wanneer men, gezonde mensen, aëroob wil trainen moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- maximale HF 170 slagen/minuut
- hartslag > 120 slagen/minuut
- 1/3 gebruik van de spiermassa
- training > 30 minuten
- minimaal 50% circulatiecapaciteit

(Kloosterboer, 1996)

Verscheidene soorten aërobe trainingsprogramma's voor deze personen zijn onderzocht. In die trainingsprogramma's wordt geconcludeerd dat de algemene richtlijnen die gelden voor gezonde mensen geschikt zijn voor dwarslaesie patiënten. Toch, worden de specifieke aanbevelingen over het type, de intensiteit, en de frequentie van de training voor para- en tetraplegia niet vastgelegd en is er een discrepantie onder de trainingsprogramma's die aan personen met een dwarslaesie worden voorgesteld. (Tordi, 2001). De vraag blijft dan: 'Kunnen mensen met een hoge dwarslaesie aëroob trainen, met welke trainingsduur, en welke effecten heeft de aërobe training op de VO_2 max, HF en bloeddruk?'

De centrale vraag in deze review is dan ook: 'Hoe kun je mensen met een dwarslaesie vanaf en boven T1-T4, met een verlaagde maximale hartslag en bloeddruk, aëroob trainen?'

Methodes

Literatuurverzameling

In dit proces van literatuuridentificatie zijn de volgende databanken geraadpleegd:

- Pubmed
- Cochrane Databanken
- DocOnline.

De geïdentificeerde literatuur is gepubliceerd in de Engelse taal vanaf 1998 tot en met november 2006.

De trefwoorden zijn zowel afzonderlijk als gecombineerd gebruikt:

- Dwarslaesie (spinal cord injury, cervical spinal cord injury, tetraplegia, paraplegia)
- Stoornissen (cardiopulmonary, cardiovascular)
- Interventie (training, aerobic, exercises, therapy, respiratory, inspiratory),
- Limieten (RCT's, Engelse, Nederlandse taal, jaar van publicatie 2000-2007).

Ten slotte zijn de aangehaalde referenties van de gevonden relevante artikelen gecontroleerd op ontbrekende literatuurverwijzingen.

Inclusiecriteria

- Dwarslaesie C4-T4
- Aërobe training
- Meting HF
- Meting bloeddruk
- Meting VO_2

Een onderzoek werd als een RCT beschouwd wanneer de patiënten op basis van toeval (at random) waren toegewezen aan experimentele of controle-interventie. Wanneer hiervan geen sprake was, maar wel van andere manipulaties om de vergelijkbaarheid tussen experimentele en een (niet random gekozen) referentiegroep te bevorderen, was sprake van een CCT (clinical controlled trial). Ten slotte werden studies als pre-experimenteel ofwel een CT (controlled trial) beschouwd wanneer de resultaten van een interventie alleen binnen de groep werd vergeleken, door voor- en nametingen.

Uiteindelijk zijn 8 systematic reviews, 11 CT's, 1 case report en 3 RCT's in de eerste ronde van het systematische review geïnccludeerd.

Beoordeling van de methodologische kwaliteit

Voor de kwaliteitsbeoordeling van at random gecontroleerde studies (RCT's) is gebruikgemaakt van de Physiotherapy Evidence Database (PEDRO).

De PEDRO-lijst is:

- a. specifiek ontwikkeld om RCT's die relevant zijn voor de fysiotherapie te beoordelen;
- b. voorzien van een duidelijke scorelijst met toelichting, waarmee zij hoge kappa-waarden van beoordelaars genereert (interbeoordelaars-betrouwbaarheid);
- c. voortgekomen uit de Delphi-lijst.

Alle 9 items uit de Delphi-lijst zijn opgenomen in de PEDRO-lijst. De PEDRO-lijst bevat bovendien 2 toegevoegde items. Van de 11 items van de PEDRO-schaal beoordelen 10 items de interne en/of statistische validiteit. Van deze 10 items (genummerd 2 tot en met 11) wordt een somscore vastgelegd door het aantal

positief scorende items bij elkaar op te tellen. De studies worden beoordeeld op wat expliciet in het artikel beschreven staat. Een item dat in een studie niet wordt gerapporteerd, krijgt score 0, het item krijgt 1 punt als de vraag met 'ja' kan worden beantwoord. De range van score loopt daarmee uiteen van 0-10 punten. De externe validiteit (item 1) wordt niet in de somscore meegenomen. Dit item wordt als positief beoordeeld indien een opsomming van de in- en exclusiecriteria en de herkomst van de deelnemende patiënten zijn omschreven. De classificatie van de methodologische kwaliteit is als volgt:

- PEDRO-score 9-10 punten 'zeer goed'
 - PEDRO-score 6-8 punten 'goed'
 - PEDRO-score 4-5 punten 'redelijk'
 - PEDRO-score 0-3 punten 'slecht'
- (Richtlijn Beroerte, 2006).

Meetinstrumenten

Van belang voor dit artikel zijn de volgende uitkomstmaten: VO_2 max, bloeddruk en HF. De meetinstrumenten die in de relevante artikelen zijn gebruikt voor de uitkomstmaten zijn in tabel 1 weergegeven. Er is bewust niet gekozen om alle uitkomstmaten uit de artikelen weer te geven, omdat deze niet worden gebruikt in de resultaten, discussie en conclusie.

Resultaten

Literatuurverzameling

De zoekactie naar studies leverde in eerste instantie 40 verwijzingen op. Bij aanvang van de screeningsprocedure waren er 28 publicaties. Na het lezen van de titel en abstracts werden er vervolgens 4 studies uitgesloten op interventie, zoals ademhalingstechnieken en de uitkomstmaten. De overige 24 studies werden in de eerste ronde geïnccludeerd. Na het lezen van de volledige tekst van deze 24 studies werden er 15 studies op grond van interventie (n=7), uitkomstmaten (n=6) en jaar van publicatie (n=2) geëxcludeerd en 9 studies geïnccludeerd.

De andere geïnccludeerde studies die werden gebruikt als achtergrondinformatie waren, één case report, 5 clinical trials en 2 reviews.

Beoordeling methodologische kwaliteit

Van de geïnccludeerde studies waren er 2 gerandomiseerde, gecontroleerde studies.

In tabel 2 staan de kwaliteitsscores van de geïnccludeerde studies weergegeven. De Groot et al, 2003 scoorde 5 van de 10 te behalen punten van de PEDRO-schaal, wat een redelijke methodologische kwaliteit is. Hicks et al, 2003 scoorde hetzelfde aantal punten en is hiermee ook van redelijke methodologische kwaliteit. Centrale maten en spreidingsmaten werden in beide studies beschreven en gescoord. De RCT's gaven geen informatie over de randomisatieprocedure en de methode van blinding van de interventietoewijzing. De twee studies scoorden een onvoldoende op de items ten aanzien van blinding.

Effecten van aërobe training op VO_2

De VO_2 is gemeten in vier studies, waarvan twee studies (Birk et al, 2003 en Van der Woude et al, 2002) een éénmalige test hebben uitgevoerd. Deze studies worden niet meegenomen in de resultaten.

De Groot et al, 2001 hebben twee verschillende groepen gemaakt, waarbij groep 1 ($n=3$) een training kreeg op een lage intensiteit (LI), 40-50% van de hartfrequentie reserve (HRR). De tweede groep trainde op een hoge intensiteit (HI), 70-80% HRR. Zowel de LI en HI intervaltraining duurde 1 uur, 3 keer per week voor 8 weken.

De VO_2 vergrootte bij De Groot et al met 17% bij de LI groep (experimentele groep in tabel 2) en 50% bij de HI groep (controle groep in tabel 2) ($P < 0,05$).

De studie van Tordi et al, 2001 gebruikte het SWEET programma als interventie voor 5 dwarslaesie patiënten zonder controlegroep. Het oefenprogramma duurde 30 minuten, bestaande uit 6 series van 5 minuten. Elke 5 minuten was opgebouwd uit 4 minuten 50% MTP (maximale tolerated power) en één minuut 80% MTP. Het oefenprogramma werd 3 keer per week afgenomen en duurde 4 weken.

De interventie leverde een vergrootte VO_2 van 18,5% ($P < 0,05$), wat een significant verschil is.

Effecten van aërobe training op de bloeddruk

Voor het meten van de bloeddruk is een verschil gemaakt in de systolische (bovendruk) en de diastolische (onderdruk) bloeddruk.

Ditor et al, 2005 hebben onderzoek gedaan bij 8 patiënten zonder controlegroep. De interventie bestond uit 6 maanden body weight supported treadmill training (BWSTT) 3 keer per week. In het onderzoek is een verschil gemaakt tussen de bloeddruk in rust en training. Uit deze studie kwam naar voren dat de systolische bloeddruk (SBP) in rust daalde met 1,9%, tijdens training daalde de systolische bloeddruk met 6,6%. De diastolische bloeddruk (DBP) daalde in rust met 2%, terwijl de DBP in training steeg met 4,7%.

Hicks et al, 2003 maakt geen onderscheid in de rust en training van de bloeddruk, maar wel in tetra- en paraplegia zowel in de experimentele ($n=11$) als de controlegroep ($n=12$). De experimentele groep kreeg aërobe- en krachtstraining van 90-120 minuten, 2 keer per week voor 9 maanden. De controlegroep kreeg om de 2 maanden voor 9 maanden lang een educatie over dwarslaesie.

Na 9 maanden steeg in de experimentele groep de SBP met 1,2% en DBP met 3,5% bij de paraplegia. Bij de tetraplegia daalde dit respectievelijk met 1 en 0,3%.

Bij de controlegroep is het omgekeerde te zien bij de paraplegia, waarbij de SBP daalde 1,2% en DBP met 4,5%. De SBP steeg daarentegen bij de tetraplegia met 6,6% en de DBP met 0,45%.

Effecten van aërobe training op de hartfrequentie

In de 7 vergeleken studies hebben 6 studies de hartfrequentie (HF) gemeten. Daarbij werd onderscheid gemaakt in HF_{rust} , $HF_{training}$ en HF_{piek} . De twee artikelen die alleen een test hebben afgenomen (Birk et al, 2001 en Van der Woude et al, 2002) zijn niet meegenomen in de resultaten.

Ditor et al vonden een daling van 10% van de HF_{rust} ($P = 0,05$) wat een significante daling betekent. De $HF_{training}$ verminderde met 11,3%.

Durán et al, 2001 hebben onderzoek uitgevoerd bij 13 patiënten met een dwarslaesie van T3-T12 die een training van 16 weken volgden, 3 keer per week. Alle patiënten kregen een oefenprogramma bestaande uit 5 onderdelen: (1) mobiliteit, (2) kracht, (3) coördinatie, (4) aërobe capaciteit en (5) ontspanning. Na 16 weken

verminderde de HF_{rust} met 2,41% ($P < 0,05$) en HF_{max} ($P < 0,20$) gelijk bleef.

Hicks et al vonden verschillende uitkomsten bij tetraplegia en paraplegia in de experimentele en controlegroep.

In de experimentele groep steeg de hartfrequentie tijdens de training bij de paraplegia met 24,4%, de HF_{rust} steeg met 9,4% en de $HF/power$ output (PO) daalde met 91,1%. Bij de tetraplegia in de experimentele groep was de $HF_{training}$ gelijk aan die van de paraplegia (24,4%), HF_{rust} steeg met 8,2%, en de HF/PO : -86,8%, wat een significant verschil is ($P < 0,05$).

De tetraplegia in de controlegroep lieten eenzelfde daling van $HF_{training}$ (2,8%) zien als bij de paraplegia in de controlegroep. HF_{rust} steeg veel minder dan in de experimentele groep met 4,1% bij de paraplegia en een stijging van 1,3% bij de tetraplegia. De HF/PO daalde veel minder sterk met 57,3% bij de paraplegia in de controle groep. De HF/PO veranderde na het oefenprogramma van 9 maanden niet meer dan -5,58% bij de tetraplegia.

Tordi et al maakten geen onderscheid in hartfrequentie in rust of in training, maar benoemde alleen de HF_{piek} . De HF_{piek} daalde significant met 4,3% ($P < 0,05$) na het SWEET programma van 4 weken.

Discussie

Het doel van dit systematische review was een duidelijk beeld te scheppen over het aëroob trainen van tetraplegia. In totaal werden er negen studies geïnccludeerd, waarvan er twee random controlled trials waren.

VO_2

In de twee onderzoeken van De Groot et al en Tordi et al, waarbij de VO_2 is gemeten werd een vergroting van de zuurstof opname gemeten.

Een vergrootte zuurstof opname geeft aan dat er meer zuurstof naar de spieren gaat, en hierdoor een verbeterde aërobe capaciteit wordt bereikt.

Bloeddruk

De bloeddruk stijgt normaliter tijdens oefening, doordat het zich aanpast aan de

verhoogde metabolische vraag van de skeletspieren (Birk et al, 2001).

Als gekeken wordt naar de BP in training bij de studie van Ditor et al is te zien dat de SBP in training juist daalt. In de studie van Hicks et al daalde de bloeddruk in het algemeen bij de tetraplegia. Dit is te verklaren doordat, de personen in deze studie een C4 en C5 laesie hadden, de spiermassa is bij hen verminderd. Alle spieren onder de laesie zijn paretisch. Deze paretische spieren hebben geen werkende spierpomp meer, waardoor de arteriële terugvoer is verminderd. Daarnaast wordt als gevolg van een verminderde slagvolume de linker ventrikel functie verslechterd, wat tot gevolg heeft dat er minder bloed uit de linker ventrikel gepompt kan worden. De systolische druk daalt hierdoor. Het falen van een goede systolische druk verlaagd de snelheid van de bloedtoevoer naar de te trainen spiermassa, waardoor een hypotensie ontstaat (Birk et al, 2001).

Hartfrequentie

Een verlaging van de HF na het trainingsprogramma suggereert een adaptatie van de hartfrequentie aan de training. De verbetering kan ook toegeschreven worden aan een betering van de ventilatiesystemen door de fysieke training (Durán et al, 2001). In de studies van Ditor et al, Durán et al en Tordi et al is de $HF_{training}$, HF_{rust} en HF_{piek} verlaagd na de interventie.

Daarentegen is de $HF_{training}$ en HF_{rust} gestegen bij de studie van Hicks et al.

Daarbij verminderde de HF/PO in de studie van Hicks et al aanzienlijk in de experimentele groep, paraplegia 91,1% en 86,8% bij tetraplegia. Deze uitkomst is te verklaren, doordat de verhoogde HF veel kleiner was dan de verhoging van de power output in Watts. Wat aangeeft dat door de training te volgen, de mensen in de experimentele groep meer werk konden verrichten op een lagere of gelijke HF dan aan het begin van het trainingsprogramma.

Beperkingen in de artikelen

De methodologische kwaliteit van beide RCT studies (De Groot et al en Hicks et al) was redelijk. Geen van beide studies scoorden positief voor de blinding van de hulpverleners en patiënten.

De populatie en heterogeniteit van de studies, waaronder ook de clinical trials,

waren gering. De populaties bestonden uit mensen met verschillende laesies (C4-L4). De studie van Ditor et al had daarentegen een meer homogene populatie van C4-C5 laesies. Hicks et al loste het probleem van de heterogeniteit op door de groep te verdelen in tetra- en paraplegia.

Daarnaast werden niet bij alle studies dezelfde parameters, VO_2 , BP en HF vergeleken.

Bij het beschrijven van de gebruikte meetinstrumenten (tabel 1) werd in geen van de geïncludeerde studies de betrouwbaarheid aangegeven. In de studies van Durán et al en Hicks et al wordt verzuimd aan te geven hoe de HF is gemeten.

Aanbevelingen voor de toekomst

In de geïncludeerde studies wordt een geringe populatie gebruikt. Om een methodologische betere kwaliteit te verkrijgen zouden de studies een grotere en homogener populatie moeten hebben. Er zou met name meer specifiek onderzoek gedaan moeten worden met hoge dwarslaesie patiënten. Een verklaring voor het kleine aantal onderzoeken met hoge dwarslaesies zou kunnen zijn dat er per jaar, in Nederland, maar 2000 nieuwe gevallen van dwarslaesie patiënten zijn. Dit zijn alle laesiehoogten, complete en incomplete laesies, bij elkaar opgeteld. Het is niet bekend wat het precieze aantal complete cervicale dwarslaesie patiënten in Nederland is.

Er waren weinig onderzoeken beschikbaar, waarbij cervicale dwarslaesie patiënten werden onderzocht.

Tevens zouden de onderzoeken geblindeerd moeten zijn om een hogere PEDRO-score te verkrijgen en hiermee een betere methodologische kwaliteit.

Ten slotte zou de betrouwbaarheid van de meetinstrumenten beter beschreven moeten worden.

Conclusie

Vanwege de methodologische tekortkomingen kan er nog geen sluitend antwoord gegeven worden op de vraag naar de effectiviteit van aërobe training bij tetraplegia.

Wel is duidelijk dat ondanks de verlaagde hartslag en bloeddruk mensen met een hoge dwarslaesie aëroob getraind kunnen

worden. Maar dit is niet mogelijk met de voorwaarden die aan een aërobe training voor gezonde personen zijn gesteld.

De voorwaarden voor een aërobe training bij gezonde personen zijn:

- maximale HF 170 slagen/minuut
- hartslag > 120 slagen/minuut
- 1/3 gebruik van de spiermassa
- training > 30 minuten
- minimaal 50% circulatiecapaciteit

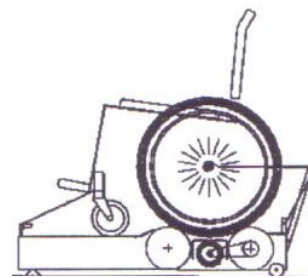
(Kloosterboer, 1996)

De maximale HF van 170 slagen/minuut en een HF >120 slagen/minuut zijn niet te bereiken voor tetraplegia door de verstoorde sympathische innervatie van het hart.

Daardoor moet er voor aanvang van de training een stresstest/ VO_{2max} test

afgenomen worden om de maximale hartslag vast te stellen (Myslinski, 2005).

Aan de hand van deze hartslag kan met de Karvonenformule een aërobe training opgesteld worden. Wat in de vergeleken studies naar voren kwam is dat de beste resultaten voor een aërobe training worden bereikt door 90-120 minuten, drie keer per week te trainen op een HF_{max} 40-80%. De aërobe training kan het beste uitgevoerd worden op een rolstoel ergometer zie afbeelding 1 (De Groot et al, 2001; Tordi et al, 2001; Van der Woude et al, 2002) en/of een arm ergometer zie afbeelding 2 (Hicks et al, 2003).



Afbeelding 1 Rolstoel Ergometer



Afbeelding 2 Arm Ergometer

Tabel 1		
Meetinstrumenten		
Auteur	Uitkomstmaat	Meetinstrument
Birk et al, 2001	- VO ₂ (l/min, ml/kg/min) - HF (sl/min)	- Gasanalyse spirometer met open circuit - 12-lead electrocardiogram
De Groot et al, 2003	- VO ₂ (l/min, ml/kg/min) - HF (sl/min) - BP (mmHg)	- Vmax 229, Sensormedics - Polar Sport Tester - 9300, Paramed
Ditor et al, 2005	- HF (sl/min) - BP (mmHg)	- Polar HF Monitor - Finger plethysmography (Finapres) cuff (Ohmeda 2300, Madison, WI)
Durán et al, 2001	- VO ₂ max (l/min, ml/kg/min) - HF (sl/min) - Aantal% HF (sl/min)	- Onbekend - Borgschaal (mensen zonder normale HF) - 'Normale' HF onbekend - Borgschaal - 220-leeftijd, Karvonenformule
Hicks et al, 2003	- HF (sl/min) - Aantal% HF (sl/min) - BP mmHg	- Onbekend - ↓ sympathische innervatie : Borgschaal - 220-leeftijd, Borgschaal - Onbekend
Tordi et al, 2001	-VO ₂ (ml/min ⁻¹ , ml/kg/min ⁻¹) - HF (sl/min)	- Gasanalyzer Medical Graphics Type (PX/D MSE, Strasbourg, France) - PE 4000 Sport Tester Polar, Finland
Van der Woude et al, 2002	- VO ₂ max (l/min, ml/kg/min) - HF (sl/min)	- Oxycon (OX4, Mijnhardt, Nederland) - Lectromed Rate Meter (oxford Instruments, Oxford, Groot-Brittannië)
Zuurstof opname (VO ₂), maximale zuurstof opname (VO ₂ max), hart frequentie (HF), bloeddruk (BP)		

Tabel 2	PEDRO-score &	samenvatting	RCTs en CT's		
Auteur	PEDRO- score	Aantal patiënten Laesie hoogte	Interventie	Uitkomstmaten	Resultaten interventie groep & controle groep
Birk et al, 2001	nvt	E: n=1 C4	Krachttraining schouderpijnen, elevatie/ depressie op 2 verschillende weerstanden (0,7 kg en 1,4 kg) op 2 verschillende frequenties (20 en 40 min., 2 min. per serie)	VO ₂ , V _E , HF _{rust} , HF _{training} , BP, RPE	Nvt:Eénmalige test
De Groot et al, 2003	5/10	E: n=3 C: n=3 C5-L1	E: (40-50% HRR) en C:HI (70-80% HRR), 1 uur interval training op een rolstoel ergometer; 3 min. per serie rust 2 min. tussen series, 3x per week 8 weken	VO ₂ max, POmax, triglyceriden, TC/HDL-C, IS	E: VO ₂ max:+17%, POmax:+24%, triglyceriden:-5%, TC/HDL-C:0%, IS:+56% C:VO ₂ max:+50%, POmax:+59%, triglyceriden:-31%, TC/HDL-C:-23%, IS:-33%
Ditor et al, 2005	nvt	E: n=8 C4-C5 i	BWSTT 0,5 km/uur, 1 uur training, 3 series van 5 min., 3 x per week 6 maanden	HF _{rust} , HF _{training} , SBP _{rust} , SBP _{training} , DBP _{rust} , DBP _{training}	HF _{rust} :-10% , HF _{training} :-11,3% ,SBP _{rust} :-1,9%, SBP _{training} :-6,6% , DBP _{rust} :-2%, DBP _{training} :+4,7%
Durán et al, 2001	nvt	E: n=13 T3-T12	Training van mobiliteit, kracht, coördinatie, aëroob (HF 40-80%), ontspanning, 120 min., 3x per week, 16 weken	FIM-score, HF _{rust} , HF _{max} , LDL, HDL, TC/HDL, spierkracht	FIM-score:+6,6%, HF _{rust} :-2,41%, HF _{max} : 0%, LDL:0%, HDL:0%, TC/HDL:0%, spierkracht:+28%

Hicks et al, 2003	5/10	E: n=11 C: n=12 C4-L1	E: Aërobe training op een arm ergometer (70% HF) en krachttraining (50-70% 1RM) 90-120 min. 2x per week 9 mnd C: Educatie over dwarslaesie om de 2 mnd voor 9 maanden	HF _{training} , HF _{rust} , HF/PO, SBP, DBP, spierkracht, RPE	E: -Paraplegia HF _{training} : +24,4%*, HF _{rust} : +9,4%, HF/PO: -91,1%, SBP: +1,2%, DBP: +3,5%, Fsp: +25,1%*, RPE: +250%* -Tetraplegia HF _{training} : +24,4%*, HF _{rust} : +8,2%, HF/PO: -86,8%, SBP: -1%, DBP: -0,3%, Fsp: +25,1%*, RPE: +250%* C: -Paraplegia HF _{training} : -2,8%*, HF _{rust} : +4,1%, HF/PO: -57,3% SBP: -1,2%, DBP: -4,5%, Fsp: +2,6%*, RPE: -18,8%* -Tetraplegia HF _{training} : -2,8%*, HF _{rust} : +1,3%, HF/PO: -5,58% SBP: +6,6%, DBP: +0,45%, Fsp: +2,6%*, RPE: -18,8%* *= Geen verschil para- en tetraplegia
Tordi et al, 2001	nvt	E: n=5 T6-L4	SWEET-programma, 30 min., 6 series van 5 min., waarvan 4 min. 50% MTP en 1 minuut 80% MTP op een rolstoel ergometer, 3x per week 4 weken	VO ₂ , VCO ₂ , O ₂ p, HF _{piek} , V _E , VT, MTP	VO ₂ : +18,5%, VCO ₂ : +15,9%, O ₂ p: +23,9%, HF _{piek} : -4,3%, V _E : +15,9%, VT: +12,3%, MTP: +27,9%
Van der Woude et al, 2002	nvt	E: n=48 C4-L4	Maximale rolstoel trainingstest; elke minuut werd de weerstand vergroot (3, 5, 10 of 15 W) en de snelheid moest gelijk gehouden worden op 0,28, 0,56, 0, 83, 1,11 of 1,39 m/sec. Op een rolstoel ergometer.	VO ₂ max, V _E , RER, HF _{piek} , spierkracht	Nvt: Eénmalige test

Experimentele groep (E), controle groep (C), Niet van toepassing (nvt), incomplete dwarslaesie (i), zuurstof opname (VO₂), maximale zuurstof opname (VO₂max), koolzuurgas productie (VCO₂), zuurstof pulse (O₂p), ventilatie volume (V_E), hart frequentie in rust (HF_{rust}), hart frequentie tijdens training (HF_{training}), maximale hart frequentie (HFmax), hart frequentie/power output (HF/PO), hart frequentie reserve (HRR), bloeddruk (BP), systolische bloeddruk (SBP), diastolische bloeddruk (DBP), mate van vermoeidheid (RPE), maximale power output (POMax), totale cholesterol/high-density lipoproteine cholesterol (TC/HDL-C), low-density lipoproteine (LDL), high-density lipoproteine (HDL), insuline sensitiviteit (IS), functionele onafhankelijkheids meetinstrument-score (FIM-score), spierkracht (Fsp), respiratory exchange ratio (RER), maximal tolerated power (MTP), total mechanical work (TMW)

Literatuurlijst

Geraadpleegde literatuur

- Birk TJ, Nieshoff E, Gray G, Steeby J, Jablonski K., 'Metabolic and cardiopulmonary responses to acute progressive resistive exercise in a person with C4 spinal cord injury'. *Spinal Cord*; 39(6):Juni 2001
- de Groot PC, Hjeltne N, Heijboer AC, Stal W, Birkeland K., 'Effect of training intensity on physical capacity, lipid profile and insulin sensitivity in early rehabilitation of spinal cord injured individuals'. *Spinal Cord*; 41(12):December 2003
- Ditor DS, Kamath MV, MacDonald MJ, Bugaresti J, McCartney N, Hicks AL., 'Effects of body weight-supported treadmill training on heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury'. *Journal of Applied Physiology*; 98(4):April 2005
- Durán FS, Lugo L, Ramírez L, Eusse E, 'Effects of an exercise program on the rehabilitation of patients with spinal cord injury'. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 82: Oktober 2001
- Hicks A.L., K.A. Martin, D.S. Ditor, A.E. Latimer, C. Craven, J. Bugaresti and N. McCartney. 'Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: Effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being'. *Spinal Cord* 41(1): 2003.
- Jacobs PL, Nash MS., 'Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury'. *Sports Medicine*. 34(11):2004
- Myslinski MJ., 'Evidence-based exercise prescription for individuals with spinal cord injury'. *Journal of Neurological Physical Therapy*. 29(2):Juni 2005
- Silva AC, Neder JA, Chiurciu MV, Pasqualin DC, da Silva RC, Fernandez AC, Lauro FA, de Mello MT, Tufik S., 'Effect of aerobic training on ventilatory muscle endurance of spinal cord injured men'. *Spinal Cord*. 36(4):April 1998
- Tordi N., 'Interval training program on a wheelchair ergometer for paraplegic subjects'. *Spinal Cord*. 39: 2001
- Van der Woude LH, Bouten C, Veeger HE, Gwinn T., 'Aerobic work capacity in elite wheelchair athletes: a cross-sectional analysis'. *American Journal of Physical*

Medicine and Rehabilitation. 81(4):April 2002.

Geraadpleegde literatuur achtergrondinformatie

- Bizzarini E, Saccavini M, Lipanje F, Magrin P, Malisan C, Zampa A., 'Exercise prescription in subjects with spinal cord injury'. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 86(6):Juni 2005
- Bougenot MP, Tordi N, Betik AC, Martin X, Le Foll D, Parratte B, Lonsdorfer J, Rouillon JD., 'Effects of a wheelchair ergometer training programme on spinal cord-injured persons'. *Spinal Cord*. 41(8):Augustus 2003
- Brooks D, O'Brien K, Geddes EL, Crowe J, Reid WD., 'Is inspiratory muscle training effective for individuals with cervical spinal cord injury? A qualitative systematic review'. *Clinical Rehabilitation*; 19(3):Mei 2005
- Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E., 'Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury'. *Respiratory Care*.; 51(8):Augustus 2006
- Cooper RA, Baldini FD, Boninger ML, Cooper R., 'Physiological responses to two wheelchair-racing exercise protocols'. *Neurorehabilitation and Neural Repair*.; 15(3):2000
- Ginis AM and Hicks AL. 'Exercise research issues in the spinal cord injured population'. *Exercise Sport Science Reviews*, 33(1), 2005
- Jacobs PL, Mahoney ET, Nash MS, Green BA., 'Circuit resistance training in persons with complete paraplegia'. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 39(1):Januari-Februari 2002
- Kloosterboer B, 'Elementaire trainingsleer en trainingsmethoden', juli 1996
- Le Foll-de Moro D, Tordi N, Lonsdorfer E, Lonsdorfer J., 'Ventilation efficiency and pulmonary function after a wheelchair interval-training program in subjects with recent spinal cord injury'. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 86(8):Augustus 2005
- Liaw MY, Lin MC, Cheng PT, Wong MK, Tang FT., 'Resistive inspiratory muscle training: its effectiveness in patients with acute complete cervical cord injury'.

-
- Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 81(6):Juni 2000
- Mueller G, Perret C, Spengler CM, 'Optimal intensity for respiratory muscle endurance training in patients with spinal cord injury'. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 38(6): November 2006
 - NVDG website, www.nvdg.org, Nederlandse-Vlaams Dwarslaesie Genootschap, bekeken mei 2007
 - PEDRO-schaal, 'Richtlijn beroerte' *KNGF:december 2004*;3-6
 - Rutchik A, Weissman AR, Almenoff PL, Spungen AM, Bauman WA, Grimm DR., 'Resistive inspiratory muscle training in subjects with chronic cervical spinal cord injury'. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 79(3): Maart 1998
 - Sutbeyaz ST, Koseoglu BF, Gokkaya NK., 'The combined effects of controlled breathing techniques and ventilatory and upper extremity muscle exercise on cardiopulmonary responses in patients with spinal cord injury'. *International Journal of Rehabilitation Research*. 28(3): September 2005
 - Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Gosselink R., 'Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury'. *Respiratory Medicine*. 100(11): November 2000
 - Wolters E, Groenewegen H, 'Neurologie; structuur, functie en dysfunctie van het zenuwstelsel'. *Bohn Stafleu Van Loghum*. 2^e herziene druk: 2001

OVEREENKOMST

De Faculteit Gezondheidszorg van de Hogeschool Utrecht, te Utrecht,
hierna ook te noemen de FG, dan wel de faculteit,

rechtsgeldig vertegenwoordigd door: **André Boer Afdelingsdirecteur Fysiotherapie,**
en **Tine Dietvorst te Utrecht**

student(e) aan voornoemde faculteit van de hogeschool, hierna ook te noemen student(e),
overwegende:

- * dat door studenten van de FG bij het maken van scripties, artikelen of afstudeeropdrachten belangrijke gegevens van stageplaatsen en van patiënten/cliënten kunnen zijn opgenomen,
- * dat deze scripties, artikelen dan wel afstudeeropdrachten in beginsel slechts een functie hebben bij de beoordeling van de voortgang in het (af)studeren,
- * dat niettemin de inhoud en de kwaliteit van deze documenten zodanig kunnen zijn dat het zinvol is derden in de gelegenheid te stellen hiervan kennis te nemen,
- * dat de faculteit heeft geoordeeld dat dit bij de scriptie/artikel/afstudeeropdracht getiteld:

Aërobe training bij tetraplegia: een systematische review

het geval is, reden waarom de faculteit heeft besloten dat dit document in aanmerking komt voor opname in de mediatheek van het Studielandschap van de FG,

- * dat opname in de mediatheek van het Studielandschap inhoudt dat het document tevens op het Internet toegankelijk zal zijn via de HBO Kennisbank,
- * dat na het opnemen van genoemd werk, de student(e) gerechtigd is daarvan melding te maken bij de beschrijving van zijn/haar curriculum vitae ten behoeve van sollicitaties,
- * dat de FG bereid is student(e) hierbij te ondersteunen door het afgeven van een schriftelijke verklaring met betrekking tot de kwaliteit en de inhoud van bedoeld werk, komen overeen:

1. De scriptie/artikel/afstudeeropdracht getiteld:

Aërobe training bij tetraplegia: een systematische review,

wordt opgenomen in de mediatheek van het Studielandschap van de FG en zal geraadpleegd kunnen worden op het Internet via de HBO Kennisbank.

2. Overeenkomstig de geldende wet- en regelgeving ontvangt de student hiervoor geen vergoeding, doch op zijn/haar verzoek wordt, ten behoeve van sollicitaties, een schriftelijke verklaring verstrekt met betrekking tot de kwaliteit van bedoeld verslag, het opnemen in de mediatheek van het Studielandschap en de publicatie op het Internet via de HBO Kennisbank.
3. Het auteursrecht, zowel als de z.g. persoonlijkheidsrechten bedoeld in artikel 25 van de auteurswet van het op te nemen document behoren toe aan de student(e) en blijven aan deze toe behoren, tenzij voor (gedeelten van) het werk de auteursrechten reeds eerder aan een derde toekwamen.
4. De faculteit is gemachtigd om namens de auteursrechthebbende op te treden tegen elke geconstateerde schending van het auteursrecht en zal alle maatregelen nemen die ter

- bescherming van het auteursrecht en de persoonlijkheidsrechten ex artikel 25 van de auteurswet, in redelijkheid in aanmerking komen.
5. De student verklaart, dat in zijn werk geen gedeelten voorkomen die auteursrechtelijk zijn beschermd, zonder dat de vereiste toestemming is gevraagd en/of de verschuldigde vergoeding is betaald en vrijwaart de Hogeschool voor alle claims die ter zake worden ingediend.
 6. De student(e) verklaart voorts dat in het betreffende werk geen informatie is opgenomen die wordt beschermd door een geheimhoudingsplicht, hem of haar opgelegd door de stage verlenende instelling, noch is informatie opgenomen waarvan de student redelijkerwijs kan vermoeden dat de belangen van de stageverlener door het enkele feit van het opnemen van bedoelde informatie kan worden geschaad.
 7. De student(e) verklaart voorts dat in het betreffende werk geen privacygevoelige informatie van patiënten/cliënten is opgenomen.
 8. De student vrijwaart de Hogeschool voor alle claims die wegens het schenden van de geheimhoudingsplicht door de stage verlenende instelling kunnen worden ingediend.
 9. De bereidheid van de Hogeschool tot het opnemen van genoemd werk in haar collectie en het verstrekken van een kwaliteitsverklaring staat in rechtstreeks verband met (cijfer)beoordelingen en examineren. De Hogeschool heeft derhalve het recht tot het nemen van beslissingen. De student(e) kan tegen een genomen beslissing in beroep gaan bij het College van Beroep van de Hogeschool Utrecht. Indien door de aard van het geschil het doen van een uitspraak niet tot de competentie van genoemd college behoort heeft elk van de partijen het recht om het geschil ter beoordeling voor te leggen aan de ter zake bevoegde rechter te Utrecht.
 10. De hogeschool verklaart voorts dat het werk zal worden opgenomen in de mediatheek van het Studielandschap, resp. zal worden gepubliceerd op het Internet via de HBO Kennisbank.

Aldus overeengekomen op **datum 19/06/2007**, te Utrecht,

Namens de Hogeschool Utrecht,
Faculteit Gezondheidszorg.

De student(e)

Naam: **Mieke Klootwijk**
Functie: **Afdelingsdirecteur**
Afdeling fysiotherapie

Naam: **Tine Dietvorst**