

# Effecten op arbeid en het cardio respiratorisch systeem tijdens het trainen met het Lifeband Resistance™ System



Hogeschool Zuyd  
Afdeling Gezondheid en Techniek  
Opleiding Fysiotherapie  
Auteurs: Schreiber, B., Lowis, M.  
Afstudeerbegeleider: dr. Van Etten, L.M.L.A.  
mei 2009

---

---

Copyright © 2009:

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch of door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Hogeschool Zuyd.

---

# Inhoudsopgave

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| <i>Samenvatting</i>       | - 1 -  |
| <i>Abstract</i>           | - 2 -  |
| <i>Inleiding</i>          | - 3 -  |
| <i>Methode</i>            | - 4 -  |
| Populatie                 | - 4 -  |
| Apparatuur                | - 4 -  |
| Standaardisatie belasting | - 5 -  |
| Meetprotocol              | - 5 -  |
| Meting                    | - 6 -  |
| Randomisatie              | - 6 -  |
| Dataverwerking            | - 7 -  |
| Statistische analyse      | - 7 -  |
| <i>Resultaten</i>         | - 8 -  |
| Arbeid                    | - 8 -  |
| Cardio respiratorisch     | - 9 -  |
| <i>Discussie</i>          | - 12 - |
| Arbeid                    | - 12 - |
| Cardio respiratorisch     | - 13 - |
| Standaardisatie belasting | - 13 - |
| <i>Conclusie</i>          | - 15 - |
| <i>Dankwoord</i>          | - 15 - |
| <i>Literatuurlijst</i>    | - 16 - |

---

|                                              |               |
|----------------------------------------------|---------------|
| <b><i>Bijlage</i></b>                        | <b>- 17 -</b> |
| <b>Tabel 1 – Proefpersonen</b>               | <b>- 17 -</b> |
| <b>Grafiek 1 – Belastingcurven</b>           | <b>- 18 -</b> |
| <b>Tabel 2 – Meetprotocol en -fases</b>      | <b>- 19 -</b> |
| <b>Grafiek 2 – Randomisatie</b>              | <b>- 20 -</b> |
| <b>Tabel 3 – Fase 1 – Warming Up</b>         | <b>- 21 -</b> |
| <b>Tabel 4 – Arbeid</b>                      | <b>- 22 -</b> |
| <b>Grafiek 3 – <math>\text{VO}_2</math></b>  | <b>- 23 -</b> |
| <b>Grafiek 4 – <math>\text{VCO}_2</math></b> | <b>- 24 -</b> |
| <b>Grafiek 5 – RER</b>                       | <b>- 25 -</b> |
| <b>Grafiek 6 – <math>\dot{V}'_e</math></b>   | <b>- 26 -</b> |
| <b>Grafiek 7 – HR</b>                        | <b>- 27 -</b> |
| <b>Tabel 5 – Cardio respiratorisch</b>       | <b>- 28 -</b> |
| <b>Tabel 6 – Fase 3 – Begin herstelfase</b>  | <b>- 29 -</b> |
| <b>Tabel 7 – Fase 4 – Eind herstelfase</b>   | <b>- 30 -</b> |

---

## Samenvatting

Een veelgebruikte vorm van oefentherapie binnen de fysiotherapie is het bewegen tegen een verhoogde weerstand (overload-principe). Traditioneel worden hier steekgewichten gebruikt. Er zijn inmiddels wel andere systemen op de markt. Of deze een andere uitvoeringswijze en cardio respiratorische respons uitlokken is nauwelijks onderzocht.

**Doel van de studie:** vergelijken van effecten op uitvoeringswijze (arbeid) en het cardio respirator systeem tijdens het oefenen op een Leg Extension apparaat met steekgewichten en het Lifeband Resistance™ System (LR-System) dat met elastische banden werkt.

**Methode:** aangezien dat hier twee verschillende apparaten betreft, worden de belastingscurven op elkaar afgestemd met een standaardbelasting voor mannen en voor vrouwen (50% / 1RM).

21 proefpersonen (15 mannen, 6 vrouwen) volgen een intervalprotocol zoals in een circuittraining op beide apparaten. Als effectmaat worden parameters voor de uitvoeringswijze (som graden, graden per seconde, aantal extensie, ROM) en voor de cardio respiratorische belasting ( $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ , RER,  $\text{V}'\text{e}$ , HR) vergeleken.

**Resultaten:** het aantal extensies verschilde niet significant tussen het LR-System en de steekgewichten. Bij de rest van de effectmaten is wel een significant verschil ( $p < 0,05$ ) aanwezig. Bij het oefenen met de elastische banden waren de som van de afgelegde graden 30% ( $5943^\circ$  vs  $7668^\circ$ ) hoger, de graden per seconde 31% ( $193^\circ/\text{s}$  vs  $252^\circ/\text{s}$ ) hoger en de gebruikte ROM was 22% ( $65^\circ$  vs  $79^\circ$ ) groter. De cardio respiratorische belasting was bij de  $\text{VO}_2$  24% (1114 vs 1380 ml/min) groter, bij de  $\text{VCO}_2$  35% (1155 vs 1555 ml/min), bij de RER 9% (1,06 vs 1,16), bij de  $\text{V}'\text{e}$  34% (33,3 vs 44,7 l/min) en bij de HR 14% (112 vs 127 slagen per minuut) groter bij de elastische banden dan bij de steekgewichten.

**Conclusie:** met het LR-System kan in een bepaalde tijd meer arbeid verricht worden. Verder is tegenover het oefenen met steekgewichten een significant grotere effect gebleken op cardio respiratorisch gebied.

## Abstract

A widespread method of training within physiotherapies is exercising against a resisting force (overload-principle). Traditionally pulleys are used. However, nowadays other systems are used as well. Thus far it has not been examined whether alternative training methodologies imply altered weight bearings and if they result in a different cardiac respiratory response.

**Objective:** compare the effects of the training methodology (work) and the cardiac respiratory system while training on a leg extension device with weights and on the Lifeband Resistance™ System (LR-System) which works with elastic bands.

**Methods:** as there are two different devices tested, the curves of pressure were tuned with a standardised load for men and women (50% / 1 RM).

21 test subjects (15 male, 6 female) followed an interval protocol like in a circuit-training on both devices. The measured working effects (sum degrees, degrees per second, number of extensions, ROM) and cardiac respiratory load ( $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ , RER,  $\text{V}'\text{e}$ , HR) have been compared.

**Results:** concerning the extensions no significance was found between the LR-System and the weights. Yet, the other studied effects were significant ( $p < 0,05$ ). While training with the LR-System the sum of moved degrees was 30% ( $5943^\circ$  vs  $7668^\circ$ ) higher, the degrees per second 31% ( $193^\circ/\text{s}$  vs  $252^\circ/\text{s}$ ), and the used ROM 22% ( $65^\circ$  vs  $79^\circ$ ). When training with the elastics bands the  $\text{VO}_2$  was 24% (1114 vs 1380 ml/min) higher,  $\text{VCO}_2$  35% (1155 vs 1555 ml/min), RER 9% (1,06 vs 1,16),  $\text{V}'\text{e}$  34% (33,3 vs 44,7 l/min) and HR 14% (112 vs 127 beats per minute).

**Conclusion(s):** with the LR-System more work can be performed. The effects on the cardiac respiratory field were shown to be significantly higher with this system.

**Keywords:** Lifeband, work, cardio respiratory, circuit-training

## Inleiding

Binnen de fysiotherapie wordt oefentherapie regelmatig toegepast. Een veelgebruikte vorm van oefentherapie is het bewegen tegen een verhoogde weerstand (overload-principe). Om die overload te genereren worden halters, fitnessapparaten of elastische banden gebruikt. De traditionele fitnessapparaten maken veelal gebruik van steekgewichten om de overload op een snelle en eenvoudige manier individueel aan te kunnen passen. Inherent aan het gebruik van gewichten is het fenomeen van inertie (massatraagheid). Om een gewicht te verplaatsen moet niet alleen de zwaartekracht overwonnen worden (statica), maar is er ook kracht nodig om het gewicht in beweging te brengen (dynamica). Voor fitnessapparatuur betekent dit dat in het begin meer kracht geleverd moet worden om de beweging in te zetten en op het einde van de beweging dient minder kracht geleverd te worden om de bewegende massa af te remmen. Deze piekbelastingen zijn bij bepaalde musculoskeletale pathologieën niet gewenst (1-3).

Ook producenten van fitnessapparatuur zijn zich bewust van dit probleem. Het bedrijf LifeFitness heeft een productlijn van fitnessapparaten op de markt gebracht waarbij geen gebruik gemaakt wordt van steekgewichten maar van elastische banden, het zogenaamde Lifeband Resistance™ System (LR-System). Eerder onderzoek heeft laten zien, dat het trainen met het LR-System daadwerkelijk een ander spieractivatiepatroon oplevert in vergelijking met een conventioneel apparaat met steekgewichten(4). Tijdens het trainen met het LR-System was de spieractiviteit bij het inzetten van de beweging lager en op het einde hoger in vergelijking met de traditionele steekgewichten(4). Het LR-System dat gebruik maakt van elastische banden is met name bedoeld voor circuittraining. Tijdens circuittraining wordt vaak gebruik gemaakt van intervalprotocollen waarbij inspanningsintervallen afgewisseld worden met rustintervallen. Tijdens de inspanningsintervallen moet de deelnemer de oefening zo vaak mogelijk uitvoeren. Omdat bij gebruik van het LR-System het spieractivatiepatroon gewijzigd is (4) zou dit ook gevolgen kunnen hebben voor de uitvoeringswijze (arbeid). De bestaande literatuur geeft hier weinig informatie over. Navraag bij de leverancier gaf helaas ook geen uitsluitsel.

Het doel van deze studie is dan ook om na te gaan of de methode om overload te genereren effect heeft op de fysieke belasting tijdens oefenen op een Leg Extension-apparaat. Als effectmaat arbeid wordt gekozen voor: de som van de bewegingsuitslagen (SOM hoekgraden), de snelheid (graden per seconde), het aantal herhalingen (pieken) en de Range of Motion (ROM). Om te toetsen of er eventueel een cardio-respiratoir effect zou zijn worden tijdens de training eveneens continu de ademgassen ( $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ , RER en  $\text{V}'\text{e}$ ) en de hartfrequentie (HR) gemeten.

## **Methode**

### ***Populatie***

Voor deelname aan de studie werden de volgende inclusiecriteria gehanteerd: De proefpersonen moeten tussen 18 en 30 jaren oud zijn en mogen geen orthopedische, neurologische aandoening aan de onderste extremiteit en aandoeningen aan de tractus circulatorius en respiratorius hebben.

De uiteindelijke onderzoekspopulatie bestond uit 21 mensen (15 mannelijke, 6 vrouwelijke). Om te kijken of een fysieke belastbaarheid voor de proefpersonen verantwoord is, wordt voor het onderzoek de PAR-Q (Physical Activity Readiness Questionary)(5) ingevuld. Voor sommige proefpersonen vereist het onderzoek en maximale inspanning. Ze worden gevraagd 24 uren voor de meting geen zware sportoefening uit te voeren, geen alcohol, geen tabak en geen cafeïne te consumeren. Nadat de proefpersonen mondeling en schriftelijk over zowel de inhoud en het doel evenals de vereisten en risico's m.b.t. de deelname aan het onderzoek geïnformeerd worden, ondertekende iedere deelnemer een "written informed consent"(5, 6). De karakteristieken van de proefpopulatie zijn in tabel 1 verzameld.

### ***Apparatuur***

In deze studie worden twee Leg Extension apparaten met elkaar vergeleken. Bij het LR-System van het bedrijf Life Fitness™ wordt de weerstand vanuit elastische banden geïnitieerd welke met ovaal schijven verbonden zijn. Door het induwen van knopjes kan de weerstandsintensiteit bepaald worden.

Het tweede gebruikte apparaat is een standaard pullystelsel van Follo Futura (follo diem MTT). Hier kan over verschillende gewichtplaten de weerstand gedoseerd worden.

Voor de registratie van de cardio respiratorische effectmaten wordt de Oxycon Pro van Jaeger en een hartslagmeter van Polar gebruikt.

Verder is aan de Leg Extension een elektronische goniometer aangebracht die op een DAK-card aangesloten is. De output van het goniometer wordt via Labview (Versie 8.2.1) weggeschreven.

## ***Standaardisatie belasting***

Ter hoogte van de beenrol van het Leg Extension apparaat is een krachtsensor gemonteerd. Deze wordt gebruikt bij het vergelijken van de belastingen van de elastische banden en de steekgewichten. Via deze krachtsensor wordt met behulp van een MPA-Q (Maastricht Instruments, aangestuurd door het softwarepakket IDEEQ; versie M-PAQ 1.97) gemeten welke kracht nodig is om de weerstand te handhaven en te verplaatsen.

Gezien het feit dat elastische banden een ander weerstandspatroon hebben dan steekgewichten(4), is in de Leg Extension een aangepaste schijf gemonteerd, om de belastingen van de twee weerstandsbronnen beter te kunnen vergelijken. Op die manier is in de opbouw alleen de weerstand variabel, de rest blijft gelijk.

Uit eerder onderzoek(7) zijn waardes voor een bepaald percentage van 1 RM bij mannen en vrouwen bekend. Hiervan uitgaande zijn belastingen met de banden geschat, die ongeveer bij 50% van het 1RM liggen. Het wordt voor mannen een weerstand van 8 en voor vrouwen een weerstand van 6 elastische banden gekozen.

Om een hieraan gelijke belasting met de steekgewichten te creëren, is de benodigde kracht bij het oefenen met 0,2 Hz onderzocht en het gewicht bepaald, waarbij de concentrische deel van de krachtcurven van elastische banden en steekgewichten overeenstemt (grafiek 1). De ontstane inertie wordt bij deze bewegingssnelheid tot een minimum begrensd. Uit grafiek 1 blijkt dat de krachtcurven niet helemaal over elkaar lopen. Hier wordt gekeken welke curven gemiddeld het dichtst bij elkaar komen in de concentrische fase. Bij 6 elastische banden was dat de curve van 24kg en bij 8 elastische banden die van 34,5kg.

## ***Meetprotocol***

Het wordt met een warming up begonnen, gevolgd van een korte specifieke oefensessie om aan de belasting te wennen. De kern bestaat uit drie oefensets. Een herstelperiode sluit het programma af. Iedere proefpersoon moet twee dagen voor de meting komen. Een keer voor de meting met de steekgewichten en de andere keer voor de meeting met de LR-System. Tussen de metingen moeten ten minste 7, maximaal 21 dagen liggen.

De gestandaardiseerde warming up bestaat uit 5 minuten fietsen op 60 rpm voor mannen met 75 Watt, voor vrouwen met 60 Watt. Na beëindigen van de algemene warming up heeft de proefpersoon 1 minuut tijd om van de fiets af te stappen en op het apparaat te gaan zitten. De specifieke warming up wordt met het zelfde gewicht uitgeoefend hetwelke ook in de oefensessies gebruikt wordt. De

proefpersonen hebben 1 minuut de tijd om de beweging 10 keer rustig uit te voeren. Er volgt een rustperiode van 30 seconden.

Vervolgens is qua trainingsopzet voor inspanningsintervallen gekozen zoals ze in een circuittraining te vinden zijn(1).

Tijdens de 3 volgende oefensets, bestaand uit 30 sec inspanning en 1 min rust(1), worden de proefpersoon aangespoord om zo veel herhalingen als mogelijk achter elkaar te maken zonder dat het scheenbeen het contact met de polster verliest. Tijdens de 10 min nameten zal de proefpersoon op het fitnessapparaat blijven zitten en zo weinig mogelijk bewegen en evenmin praten. Tabel 2 geeft een overzicht van het protocol.

### ***Meting***

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, is een bepaalde mate van standaardisatie en meetconfiguratie / ijking nodig.

Na iedere proefpersoon wordt de meetapparatuur opnieuw gekalibreert. Op die manier worden langzaam insluipende meetfouten voorkomen.

Om een gestandaardiseerd protocol te garanderen, wordt de proefpersoon middels een Labview-programma (versie 8.2.1) over het verloop van de tijd/de fase geïnformeerd. Het programma geeft een overzicht van het hele protocol, de actuele fase met de verstekende tijd en de volgende fase. Aan dit programma is de elektrische goniometer gekoppeld, die tijdens de 3 trainingssets de volgende effectmaten voor de uitvoeringswijze opslaat: Som van de hoeken (SOM), Graden per seconde (GPS), aantal extensies (PIEK), hoekgraden per PIEK (ROM). Deze maten staan in deze studie representatief voor de arbeid.

De cardio respiratorische parameters, zuurstof ( $VO_2$ ), kooldioxide ( $VCO_2$ ), respiratory exchange ratio (RER), ventilatie ( $V'e$ ) en hartfrequentie (HR) worden met behulp van open spirometrie (Oxycon Pro, Jaeger) en een polsarband continue door een tweede pc geregistreerd.

### ***Randomisatie***

Ter voorkoming van een volgorder effect in verband met het wennen aan het werken op een Leg Extension apparaat, begon een deel van de proefpersonen met de elastische banden en werkte bij de tweede meeting met de steekgewichten en vice versa (grafiek 2).

## ***Dataverwerking***

Uit het protocol worden 4 fases nadrukkelijker bekeken. De laatste twee minuten van het warming up staan voor de steady state en worden als Fase 1 gedefinieerd. Deze data wordt gebruikt om de calibratie van het Oxycon Pro te toetsen.

Set 1 tot 3 zijn als Fase 2 gedefinieerd. Een set bevat 30 seconden inspanning en de daarop volgende 60 seconden rust.

De nameting wordt in Fase 3 en 4 opgesplitst. Deze twee fases geven een uitspraak over het herstelvermogen van het cardio respiratorisch systeem na de inspanning.

De definities van de fases zijn in tabel 2 terug te vinden.

De  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , RER, V en HF worden tijdens het hele protocol in 5 seconden intervallen weggeschreven. Als er een 5 secondenwaarde ontbreekt, wordt deze door de drie erboven en drie eronder liggende waardes geïnterpoleerd.

Per fase worden de data van de proefpersonen gemiddeld en met elkaar vergeleken.

Tijdens de oefensequenties worden door de elektrische goniometer de som graden, graden per seconde en het aantal extensies geregistreerd en middels Labview (versie 8.2.1) weggeschreven.

De ROM wordt achteraf met behulp van de som graden en het aantal extensies berekend.

## ***Statistische analyse***

De verkregen data wordt geanalyseerd met SPSS™ (versie 17.0.2). De vergelijking van de twee belastingsvormen gebeurt via een paired sample t-test.  $P < 0,05$  wordt als significant beschouwd.

## Resultaten

Hieronder worden de resultaten beschreven met betrekking tot de verschillen tussen het oefenen met steekgewichten en het LR-System.

Bij de resultaten van de cardio respiratorisch respons werd een proefpersoon verwijderd, omdat er zo veel meetfouten opgetreden waren dat interpoleren niet mogelijk was. Deze proefpersoon is bij het evalueren van de effecten op de arbeid wel meegenomen.

### *Arbeid*

#### **Fase 2 – Totaal**

Het is te zien, dat met de elastische banden bijna alle effectmaten van de arbeid in totaal hoger waren dan die van de steekgewichten. In de sets met de elastische banden lag de SOM bij het LR-System met een verschil van 1725° gemiddeld 30% hoger. Ook de bewegingen (°/s) werden gemiddeld met een waarde 59°/s 31% sneller uitgevoerd. Het aantal extensies (pieken) levert met een verschil van 4 (9%) geen significantie op. De ROM ligt bij het LR-System bij 14°, dus 22% hoger. Tabel 4 geeft een overzicht van alle waardes.

#### **Fase 2 – Per Set**

Het gemiddelde verschil tussen de apparaten aan bewogen hoekgraden (SOM) in de sets bedraagt in Set 1 1868° (32%), in Set 2 1710° (29%) en in Set 3 1597° (26%).

Ook de deltawaardes van graden per seconde (°/s) liggen in de drie sets bij de banden hoger dan bij de gewichten, namelijk met 64 °/s (34%) in Set 1, 58 °/s (53%) in Set 2 en 54 °/s (27%) in Set 3.

De derde maat die ook een significant verschil tussen de sessie met de banden en de gewichten oplevert, is de gebruikte ROM, dus het gemiddelde strekken per extensie. De ROM ligt in de Set 1 t/m 3 gemiddeld 15,7° (23%), 12,4° (20%) en 11,9° (18%) hoger.

In Set 1 en 2 zijn er bij de banden t.o.v. de gewichten 3 volledige extensies meer gedaan en in Set 3 zijn het er 4. (tabel 4)

## **Fase 2 – Tussen sets**

In de oefensessies met het LR-System wijzen geen effectmaten significante veranderingen op.

Als de effectmaten van het pully system vergeleken worden, treden tussen de sets bij het aantal van extensies (pieken) en bij de ROM ook geen significante verschillen op.

Bij volgende vergelijkingen is bij de steekgewichten wel een significantie naar voren gekomen.

Het gemiddelde verschil aan bewogen graden (SOM) tussen Set 1 en Set 2 ligt bij de som bij 127° (2%), tussen Set 1 en Set 3 bij 296° (5%) en in de vergelijking tussen Set 2 en Set 3 bij 169° (3%).

Het gemiddelde verschil bij de bewegingssnelheid (°/s) tussen Set 1 en Set 2 bedraagt 23°/s (12%) en tussen Set 1 en Set 3 is de differentie 10°/s (5%). (tabel 4)

## ***Cardio respiratorisch***

### **Protocol compleet**

De grafieken 3 t/m 7 laten de cardio respiratorische effectmaten over de hele 22 minuten zien.

De eerste lange piek is de algemene warming up op de fietsergometer.

De hierop volgende piek laat de inspanning bij de specifieke warming up zien. Deze is bij alle maten behalve de RER kleiner dan bij het fietsen.

Vervolgens komen drie pieken die de hart- en longfunctie tijdens de 3 sets weergeven. Bij de  $VO_2$ ,  $VCO_2$ ,  $V_e$  en de HR is een stijgende tendentie te zien, de piek van de RER wordt iedere sessie kleiner. Aansluitend komt de herstelfase, waar alle curven dalen.

### **Fase 1 – Warming Up**

De laatste twee minuten van het warming up is als fase 1 gedefinieerd. In tabel 3 is te zien, dat er bij geen van de gemeten waardes significante verschillen optreden.

## Fase 2 – Totaal

De behoefte aan  $\text{VO}_2$  ligt gemiddeld over de drie Sets bij het oefenen met de elastische banden om 24% (265 ml/min) hoger. Daaruit volgt een verhoogde afgifte van de  $\text{VCO}_2$  op 35% (399 ml/min). Deze toename van  $\text{VO}_2$  en nog meer van de  $\text{VCO}_2$  is ook in de RER te zien. Het gemiddeld procentuele van de drie Sets bedraagt 9% (0,1). Het gemiddelde verschil van de HR ligt bij 14% (15 slagen/min). De verhoogde ademgasuitwisseling is ook in de ventilatie te zien. Bij de oefensessie met de elastische banden is deze 34% (11 l/min) hoger. Alle waarden van het cardio respiratorische systeem van Fase 2 zijn in tabel 5 te vinden.

## Fase 2 – Per Set

In Set 1 t/m 3 is duidelijk te zien (tabel 5) dat de bereikte waarden in de sessies met de elastische banden hoger liggen dan die van de steekgewichten. Dit verschil is significant. De  $\text{VO}_2$  ligt bij het LR-System gemiddeld 216 ml/min (21%), 276 ml/min (25%) en 301 ml/min (26%) (Set 1 t/m 3) hoger. Ook de  $\text{VCO}_2$ -ventilatie neemt over de drie oefenfases toe, namelijk met een gemiddeld verschil van 309 ml/min (29%) in Set 1, 436 ml/min (37%) in Set 2 en 451 ml/min (37%) in Set 3. Deze toename van  $\text{VO}_2$  en nog meer van de  $\text{VCO}_2$  is ook in de RER te zien. In Set 1 ligt de RER 0,07 (26%) hoger, in Set 2 0,12 (11%) en in Set 3 0,10 (11%).

Het hartritme loopt van een gemiddeld verschil van 10 slagen per minuut (9%) in Set 1 over 15 slagen per minuut (13%) in Set 2 tot een verschil van 19 slagen per minuut (17%) in Set 3 op.

De verhoogde ademgasuitwisseling is ook in de ventilatie te zien. Bij de oefensessie met de banden is deze in de eerste set 7,5 l/min (23%) hoger, in de tweede 12 l/min (35%) en in de derde 14 l/min (43%) hoger.

## **Fase 2 – Tussen sets**

Als de sets van dezelfde weerstandsbron met elkaar vergeleken worden, zijn onderling ook een aantal significante verschillen te vinden.

De  $\text{VO}_2$  verschilde tussen Set 1 en Set 2, Set 1 en Set 3 en ook Set 2 en Set 3 zowel bij de steekgewichten (83 ml/min, 8%; 142 ml/min, 14%; 59 ml/min, 5%) en bij de elastische banden (142 ml/min, 11%; 229 ml/min, 18% en 87 ml/min, 6%) significant.

Bij de  $\text{VCO}_2$  waren de verschillen bij Set 2 en Set 3 t.o.v. Set 1 verschillend. Deze bedroegen bij de oefensessie met de steekgewichten 225 ml/min 9% en 268 ml/min 12%, respectievelijk bij de elastische banden 99 ml/min 16% en 125 ml/min 19%.

Het dalen in de RER was alleen bij de vergelijking tussen Set 2 en 3 significant (steekgewichten 0,03, 3%; elastische banden 0,04, 3%).

De differentie van de ventilatie is bij het oefenen met de steekgewichten in de vergelijkingen van Set 2 en Set 3 t.o.v. Set 1 significant verschillend (3 l/min, 10% en 4 l/min, 13%). Bij de banden was hier ook een significant verschil (8 l/min, 21% en 12 l/min, 32%). De vergelijking van Set 2 en Set 3 was hier verder ook significant (4 l/min, 9%).

De HR leverde alleen bij de elastische banden een significant verschil op (Set 1-2: 6 slagen/min, 5%; Set 1-3: 10 slagen/min, 8%; Set 2-3: 4 slagen/min, 3%). (tabel 5)

## **Fase 3 – Begin herstelfase**

In deze fase wordt de systematische aanpassing van het cardio respiratorische systeem analyseert. In fase 3 blijven de  $\text{VO}_2$  met een gemiddeld verschil van 82 ml/min (18%) en de  $\text{VCO}_2$  met een verschil van 155ml/min (33%) bij het LR-System significant hoger. Verder is er gemiddeld verschil voor de RER van 0,11 (11%),  $\dot{V}_E$  4,9 l/min (31%) en HF 10,6 slagen/min (13%). (tabel 6)

## **Fase 4 – Eind herstelfase**

Fase 4 beschrijft de snelheid van de systematische aanpassing. In deze laatste fase is een gemiddeld verschil van de HF met 6,9 slagen/min 9% en een gemiddeld verschil bij de  $\dot{V}$  van 1,4 l/min 13% nog steeds significant.

De gemiddelde differentie van  $\text{VO}_2$  met 35,2 ml/min(10%),  $\text{VCO}_2$  met 35,6 ml/min (12%) en RER met 0,01 (1%) is niet meer significant verschillend. (tabel 7)

## Discussie

Doel van de studie was na te gaan of de methode om overload te generen met elastische banden, een ander effect heeft op de fysieke belasting tijdens trainen met een conventioneel Leg Extension apparaten. De resultaten laten zien, dat er significante verschillen zijn.

## Arbeid

De uitvoeringseisen waren om zo veel herhalingen als mogelijk in een bepaalde tijd te doen (circuittraining) zonder het contact tussen de beenrol en de scheenbenen te verliezen.

De resultaten van de sets laten zien, dat met de elastische banden significant meer arbeid geleverd kan worden. Dat betekent, dat met de elastische banden 31% sneller bewogen wordt. De bereikte bewegingssnelheid tijdens het trainen met het LR-System wordt in de literatuur als functioneler voor het lopen beschreven(3).

Om dit te bereiken zijn er twee mogelijkheden. Of er worden meer herhalingen gedaan, of een groter ROM gebruikt, of alle twee. Het verschil aan herhalingen (extensies) verschilt niet significant. Er wordt dus, dat onderbouwen de getallen ook weer, tijdens het oefenen met de elastische banden over een grotere ROM bewogen. Deze vermeerde arbeid is toe te schrijven aan de mechanische eigenschappen van de overload genererende bronnen. De inertie van de steekgewichten dwingt de proefpersoon, als het contact met het gewicht niet verloren mag worden, ertoe om tegen het eind van de beweging langzamer te worden zodat het gewicht niet doorschiet. Bij de elastische banden, die zoals een veer, juist tegen het eind van de expansie hun maximale weerstand leveren, is deze controle niet of in mindere mate nodig.

Bij de vergelijking van de afzonderlijke sets binnen de meting bij de steekgewichten komt naar voren, dat de SOM van Set 1 naar Set 2 en van Set 2 naar Set 3 significant toeneemt. De proefpersonen werken niet meteen aan hun maximum. Als het met de SOM die met de elastische banden mogelijk is wordt vergeleken, wordt in de derde set nog niet het maximum qua belasting bereikt. Uit het oefenen met de elastische banden blijkt namelijk een hogere prestatie mogelijk te zijn. Het heeft dus tijd nodig om een optimaal bewegingspatroon met de steekgewichten te bereiken en dit duurt tot aan de derde set, misschien zelfs langer. Dit zou bij het LR-System ook een rol kunnen spelen, maar in veel mindere mate. Bij het LR-System kan meteen met een maximale prestatie begonnen worden, respectievelijk met een prestatie, die de beoefenaar niet verder kan uitbouwen.

Verder vragen de steekgewichten door hun inertie bij het wisselen van de excentrische naar de concentrische beweging ook nog een extra inspanning(4). Het gevolg hiervan kan een lagere versnelling aan het begin van de beweging zijn. Dit kan een verdere verklaring voor het langzamere werken met de steekgewichten zijn.

### ***Cardio respiratorisch***

Nu is het interessant om ook te bekijken, of de verschillen bij de arbeid ook in verschillen in de cardio respiratorische belasting resulteren.

Totaal en per set bekeken zijn alle cardio respiratorische effectmaten tijdens het oefenen met het LR-System significant hoger. De verrichte arbeid resulteert dus in een hogere cardio respiratorische respons.

Bij zowel de elastische banden als bij de steekgewichten lopen de maximale waarden van  $VO_2$ ,  $VCO_2$ ,  $V'$ e en HR in verloop van de sets op. Zoals de effectmaten van de arbeid liggen de cardio respiratorische in Set 3 bij de steekgewichten onder de waarden van Set 1 bij de elastische banden. De proefpersonen blijven dus cardio respiratorisch bij het oefenen met de steekgewichten significant onder de prestatie die ze met de elastische banden leveren.

De pieken van de RER worden per set kleiner. Ook hier is de laagste piek tijdens het trainen met het LR-System boven de hoogste piek van de curve uit de metingen met de steekgewichten. De anaerobe bijdrage van het lokale energie leverende systeem is met het LR-System dus groter.

Ook in de herstelfases is te zien, dat de inspanning bij het trainen met de steekgewichten lager is. In Fase 3 (begin herstelfase) zijn alle cardio respiratorische effectmaten significant hoger na het oefenen met het LR-System, in Fase 4 (eind herstelfase) zijn alleen nog de HR en de  $V'$ e hoger. Het lichaam heeft dus na het oefenen met het LR-System langer nodig om weer tot rust te komen.

### ***Standaardisatie belasting***

Zijn de verschillen toe te schrijven aan de verschillende systemen of aan een andere factor? Ter uitsluiting van andere factoren zijn de belastingen gestandaardiseerd.

Om de arbeidsparemeters tussen de elastische banden en de steekgewichten vergelijkbaar te maken, moesten de krachtcurven bij het bewegen overeenkomen. Om de inertie van de steekgewichten, dus het verschil tussen de twee overload genererende systemen zo ver als mogelijk daaruit te halen, is voor een lage bewegingssnelheid met 0,2hz gekozen(4).

Omdat de curven morfologisch van elkaar afwijken, de afstand van de benodigde kracht tussen de excentrische en de concentrische fase verschillen, is voor de standaardisatie alleen het concentrische deel belangrijk geweest. De concentrische spieractiviteit vormt eerder een belemmering van de maximaal kracht dan de excentrische(8). Verder is de metabolische belasting tijdens de concentrick groter(3).

Een tweede probleem dat de curven verschillend stijl verlopen, wordt opgelost door het aandacht op het middelste deel te leggen.

Deze twee punten komen met name bij de afstemming van de belastingscurve voor de vrouwen naar voren. Een groot deel van de krachtcurve van het concentrische deel van de steekgewichten ligt boven de krachtcurve van de elastische banden (grafiek 1). Een betere afstemming was, gezien de apparaten, niet mogelijk. Het gevolg hiervan is, dat meer kracht bij het oefenen met de steekgewichten in dit deel nodig is. Dit kan in minder herhalingen/bewogen graden resulteren. De grotere behoefte aan kracht zou de kleinere prestatie gezien de arbeidsresultaten bij het oefenen met de steekgewichten kunnen verklaren. De grotere belasting met de steekgewichten zou bij de vrouwen wel een grotere cardio respiratorische respons uitlokken. In de resultaten is te zien, dat dit niet het geval is (tabel 5).

Om uit te sluiten dat de gevonden verschillen fouten in de meetapparatuur ten grondslag hebben zijn de cardio respiratorische effectmaten tijdens een gestandaardiseerde belasting, namelijk het fietsen, onderzocht. Hier zijn geen verschillen gevonden (tabel 3). De in de sets optredende verschillen zijn dus aan de verschillen in de apparaten toe te schrijven.

## **Conclusie**

Met betrekking tot de onderzoeksvraag van deze studie kan gezegd worden dat er verschil tussen het Lifeband Resistance™ System en een conventionele Leg Extension met steekgewichten meetbaar is. De arbeid is bij het LR-System hoger. Alle effectmaten, uitgezonderd het aantal van extensies, liggen significant hoger. Verder is bij de elastische banden ook een significant hogere cardio respiratorische respons te vinden.

De trainingsbelasting is bij het oefenen met het LR-System binnen een circuittraining met intervalprotocol hoger.

## **Dankwoord**

Graag willen wij iedereen bedanken die heeft bijgedragen aan het tot stand komen van deze afstudeeropdracht. In het bijzonder onze begeleider Dhr. L. van Etten en ook Dhr. S. Laudij en de biometrie-studenten J.Peeters en D. Odekerken voor de technische support.

Verder willen wij ons bij onze proefpersonen voor hun medewerking bedanken.

## Literatuurlijst

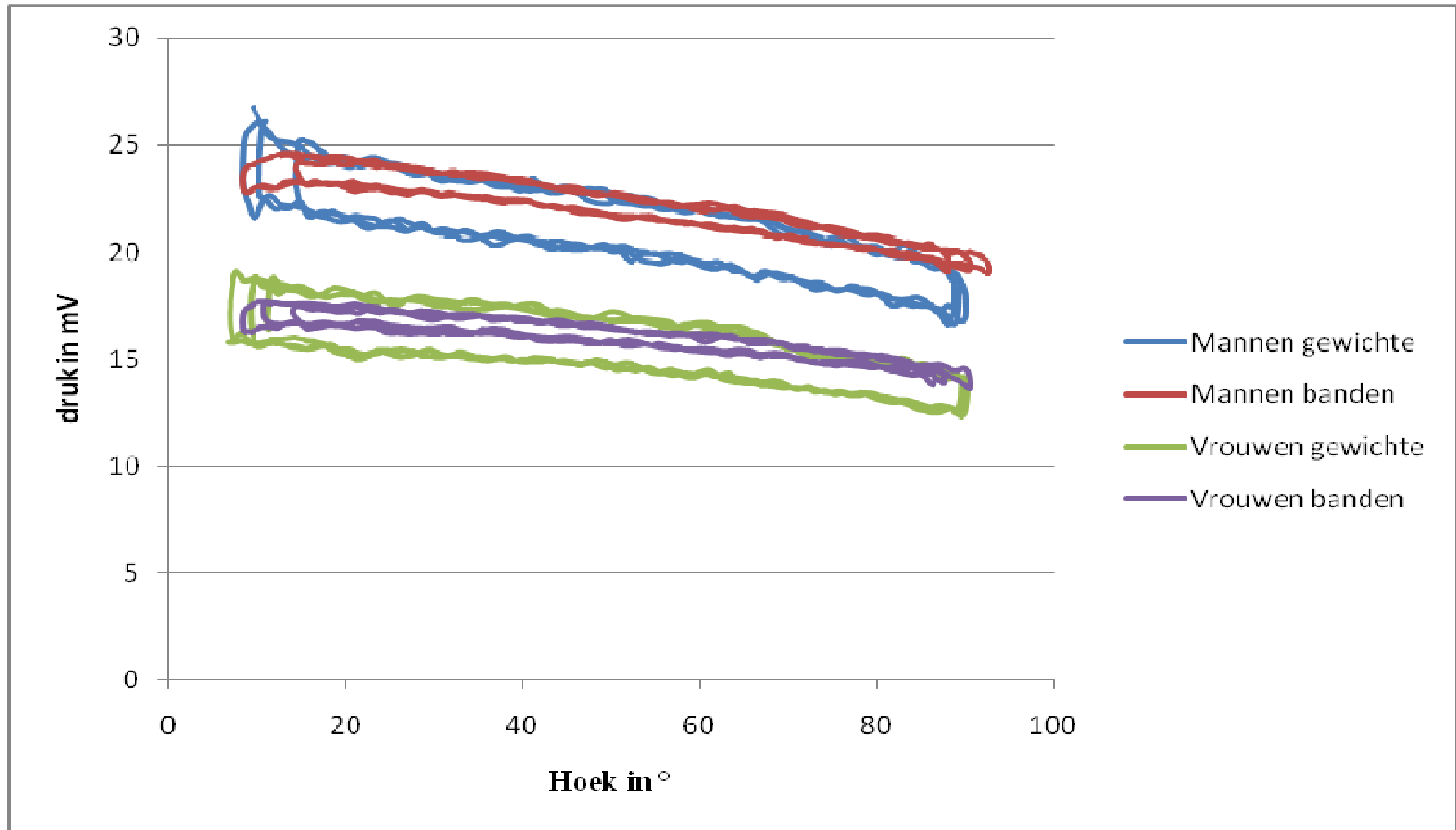
1. Gestel JLMv. Trainingsleer en inspanningsfysiologie voor de paramedicus. 1997.
2. Morree JJd. Dynamiek van het menselijk bindweefsel - Functie, beschadiging en herstel. 2001.
3. I. Froböse GN, C. Wilke. Training in der Therapie: Grundlagen und Praxis. 2003.
4. Erkens RLB, Lebens, M.M.M. en Zegers, A.T.J. Steekgewichten versus elastische weerstand: effect op mechanische belasting en spieractivatiepatroon. 2008.
5. Febiger La. Guidelines for exercise testing and prescription. Malvern, PA (USA); 1991.
6. Åstrand P-OR, K. . Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise. 1986.
7. C. Böhmer IdR. Bepalen van 1RM d.m.v. submaximale krachttesten op het "Lifeband Resistance systeem". Journal [serial on the Internet]. 2008 Date.
8. Edward L. Fox RWB, Merle L. Foss. Fysiologie voor lichamelijke opvoeding, sport en revalidatie. 2001.

## Bijlage

***Tabel 1 – Proefpersonen***

|                          | Populatie Totaal<br>(N=21)<br>Gem. ± SD | Mannen<br>(N=15)<br>Gem. ± SD | Vrouwen<br>(N=6)<br>Gem. ± SD |
|--------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Leeftijd (jaren)         | 23,33 ± 2,06                            | 22,93 ± 2,02                  | 24,33 ± 1,97                  |
| Gewicht (kg)             | 69,86 ± 10,58                           | 75,53 ± 5,73                  | 55,67 ± 4,23                  |
| Lengte (m)               | 1,77 ± 0,09                             | 1,82 ± 0,05                   | 1,66 ± 0,04                   |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 22,16 ± 1,86                            | 22,89 ± 1,51                  | 20,32 ± 1,32                  |
| Sport per week (N)       | 2,81 ± 1,21                             | 3 ± 1,13                      | 2,33 ± 1,37                   |

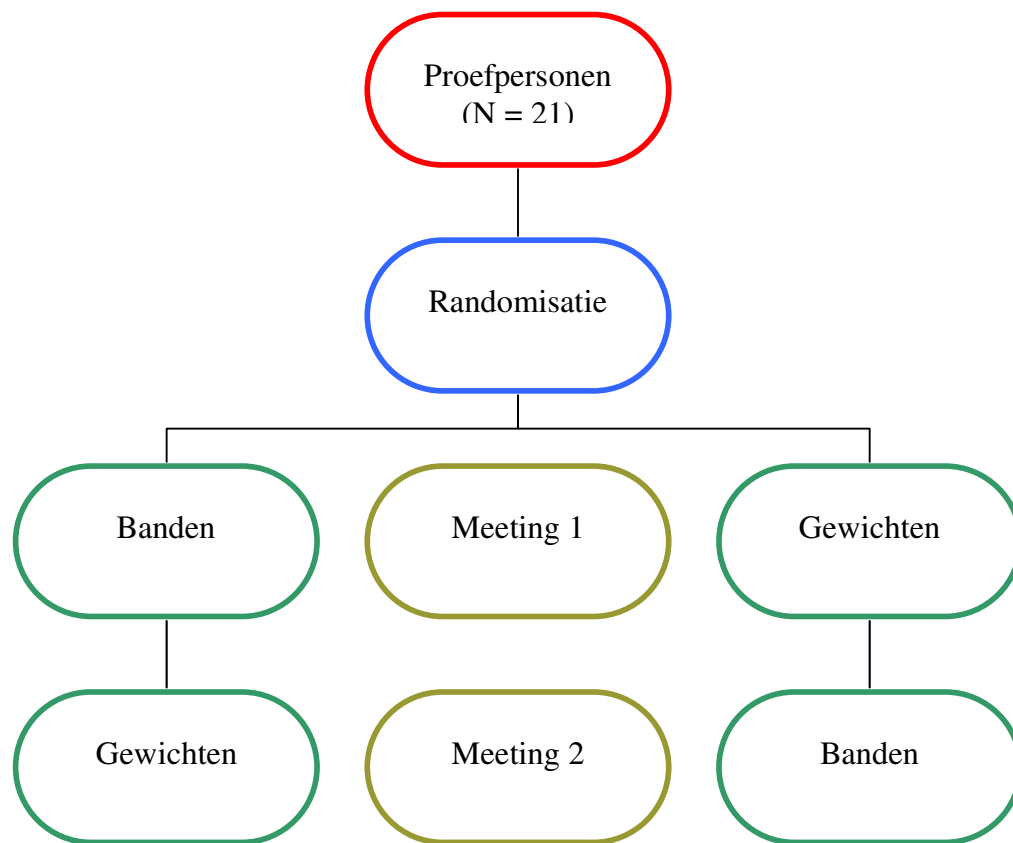
**Grafiek 1 – Belastingscurven**



**Tabel 2 – Meetprotocol en -fases**

| Tijd in min | Actie                | Meet fase                            |               |
|-------------|----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 05:00       | Algemeen Warming Up  | 03:00 – 05:00<br>Fase 1 – Warming up |               |
| 01:00       | Wisselen             |                                      |               |
| 01:00       | Specifiek Warming Up |                                      |               |
| 00:30       | Pauze                |                                      |               |
| 00:30       | Set-1                | Fase 2<br>–<br>Oefensets             | Set 1         |
| 01:00       | Rust-1               |                                      | 07:30 – 09:00 |
| 00:30       | Set-2                |                                      | Set 2         |
| 01:00       | Rust-2               |                                      | 09:00 – 10:30 |
| 00:30       | Set-3                |                                      | Set 3         |
| 01:00       | Rust-3               |                                      | 10:30 – 12:00 |
| 10:00       | Nameting             | 12:00 – 17:00                        |               |
|             |                      | Fase 3 – Begin herstelfase           |               |
|             |                      | 17:00 – 22:00                        |               |
|             |                      | Fase 4 – Eind herstelfase            |               |

***Grafiek 2 – Randomisatie***



***Tabel 3 – Fase 1 – Warming Up***

|               | Gewichten $\pm$ SD | Banden $\pm$ SD |
|---------------|--------------------|-----------------|
| VO2 (ml/min)  | 1551 $\pm$ 334     | 1575 $\pm$ 353  |
| VCO2 (ml/min) | 1330 $\pm$ 324     | 1412 $\pm$ 354  |
| RER           | 0,88 $\pm$ 0,05    | 0,9 $\pm$ 0,06  |
| V'e (l/min)   | 35 $\pm$ 7         | 36 $\pm$ 9      |
| HR (1/min)    | 114 $\pm$ 20       | 117 $\pm$ 21    |

\* = significant verschil t.o.v. gewichten

**Tabel 4 – Arbeid**

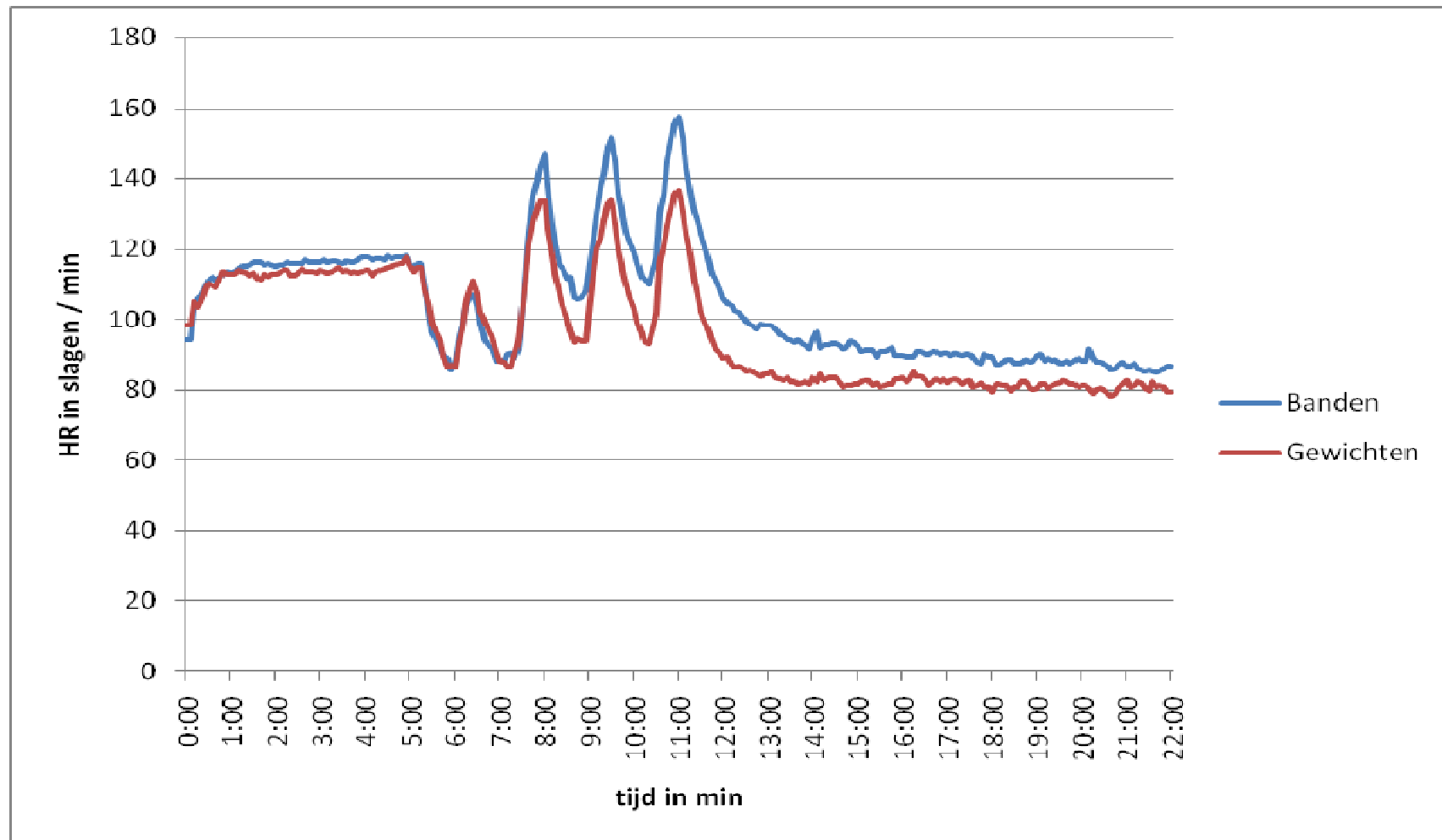
|            | Fase 2     |                          | Set 1      |                          | Set 2                   |                          | Set 3                    |                          |
|------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|            | Gew. ± SD  | Bnd. ± SD                | Gew. ± SD  | Bnd. ± SD                | Gew. ± SD               | Bnd. ± SD                | Gew. ± SD                | Bnd. ± SD                |
| Som graden | 5943 ± 599 | 7668 ± 1150 <sup>*</sup> | 5802 ± 641 | 7671 ± 1139 <sup>*</sup> | 5929 ± 621 <sup>#</sup> | 7639 ± 1160 <sup>*</sup> | 6098 ± 604 <sup>#‡</sup> | 7695 ± 1405 <sup>*</sup> |
| Graden / s | 193 ± 20   | 252 ± 40 <sup>*</sup>    | 188 ± 20   | 251 ± 40 <sup>*</sup>    | 165 ± 23 <sup>#</sup>   | 253 ± 40 <sup>*</sup>    | 198 ± 21 <sup>#</sup>    | 251 ± 49 <sup>*</sup>    |
| Pieken     | 46 ± 5     | 50 ± 8                   | 46 ± 6     | 49 ± 9                   | 47 ± 7                  | 50 ± 7                   | 47 ± 6                   | 51 ± 10                  |
| ROM        | 65 ± 11    | 79 ± 16 <sup>*</sup>     | 65 ± 11    | 80 ± 16 <sup>*</sup>     | 65 ± 12                 | 78 ± 16 <sup>*</sup>     | 66 ± 12                  | 78 ± 19 <sup>*</sup>     |

\* = significant verschil t.o.v. gewichten

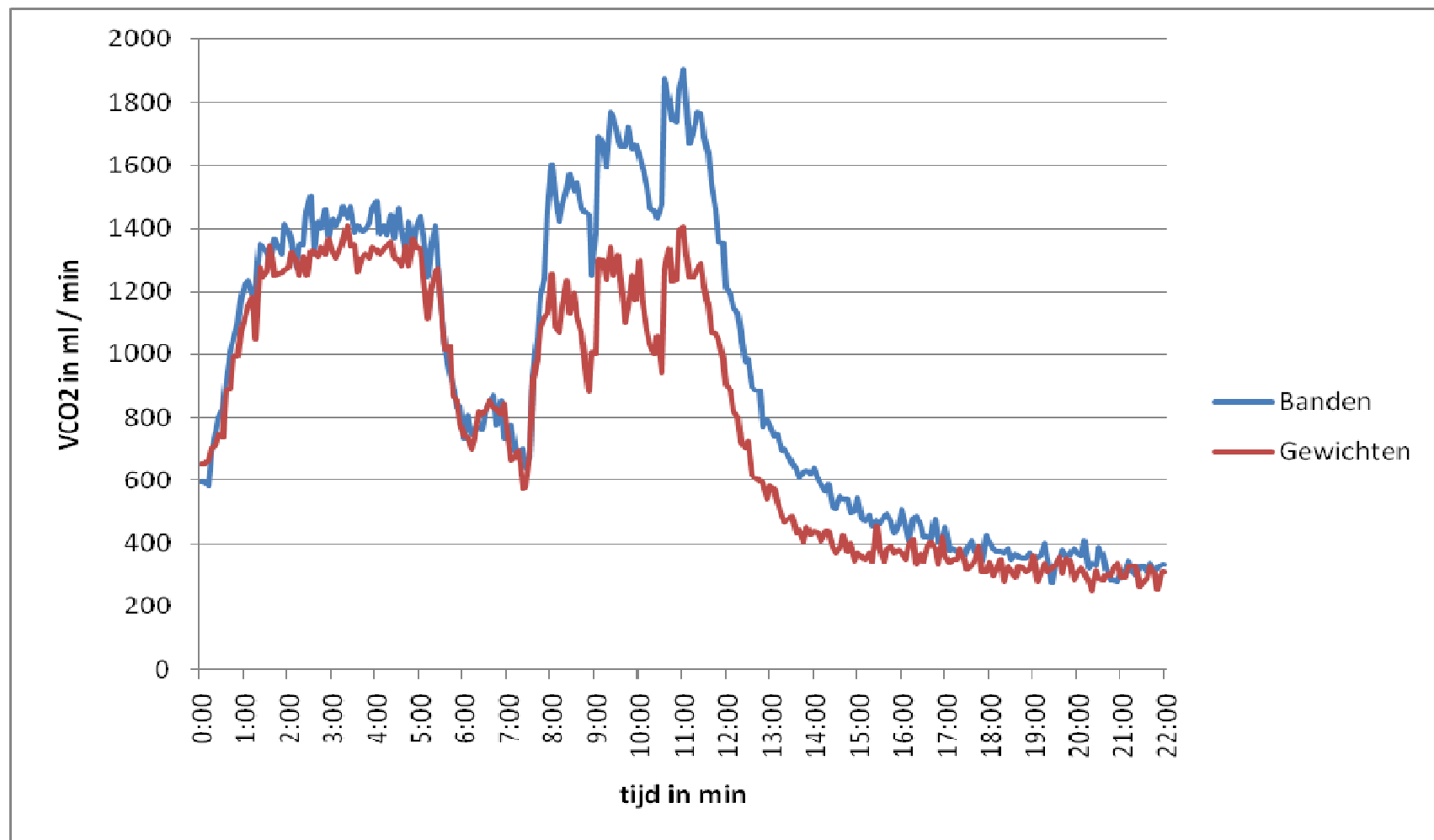
# = significant verschil t.o.v. Set 1

‡ = significant verschil t.o.v. Set 2

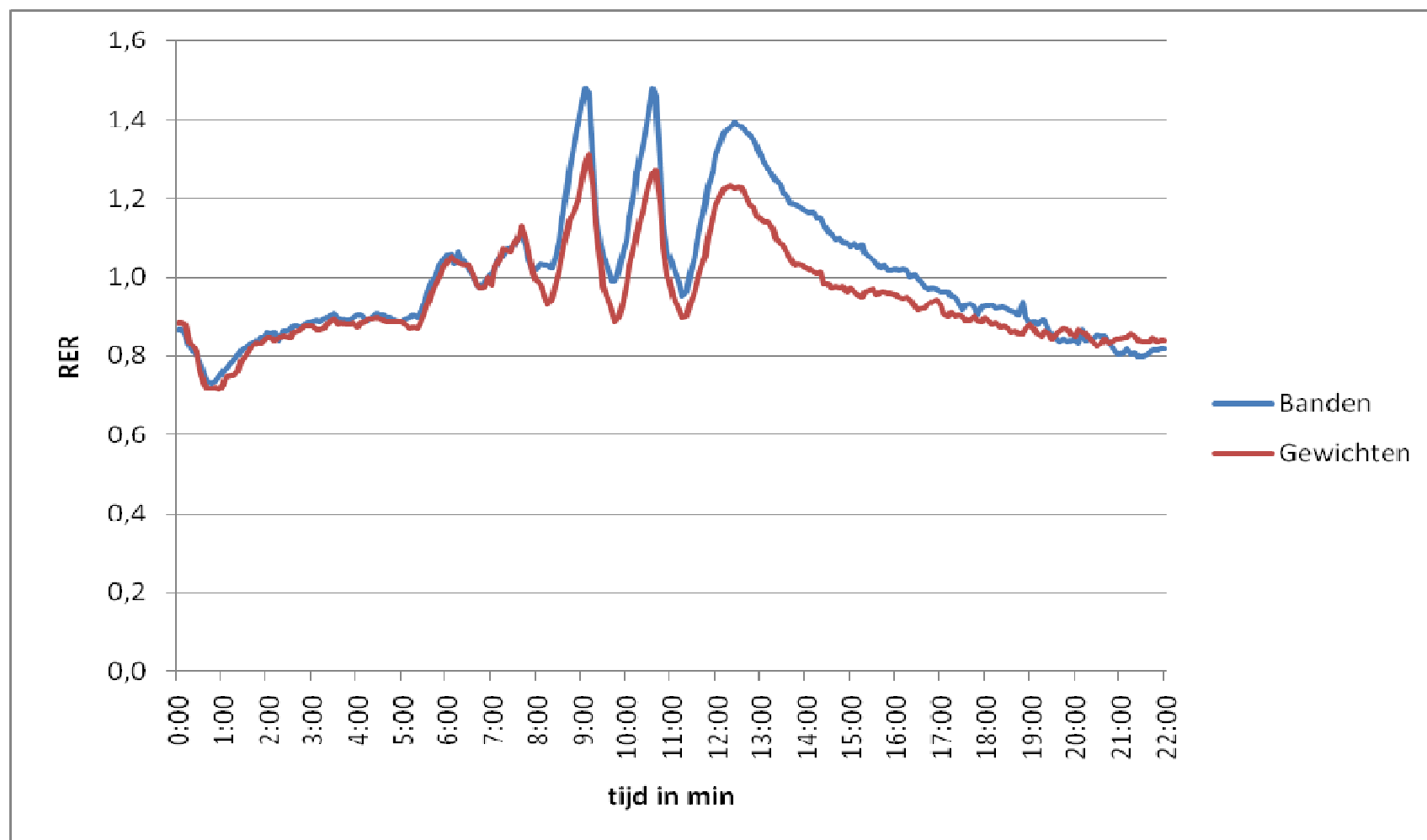
Grafiek 3 –  $VO_2$



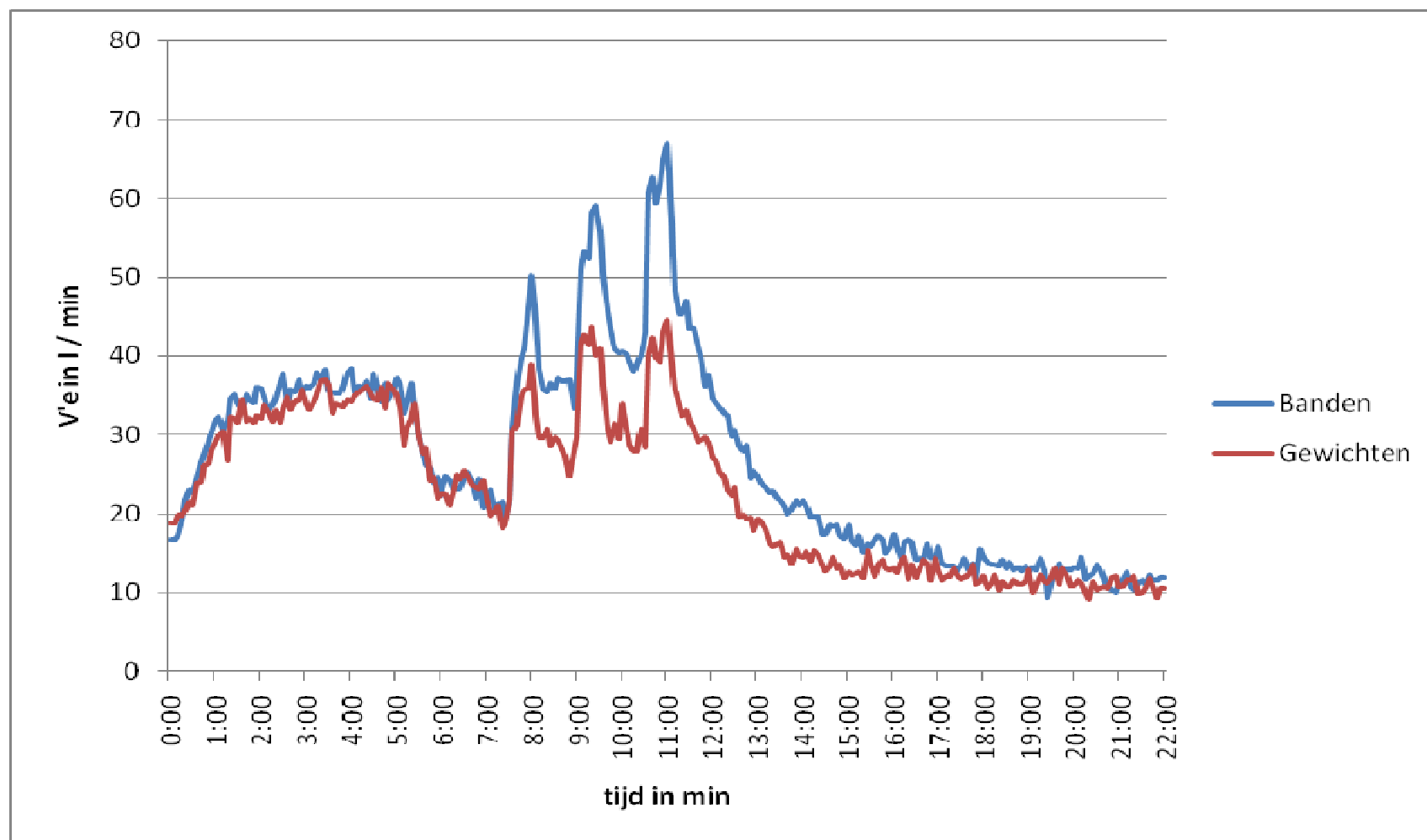
Grafiek 4 –  $VCO_2$



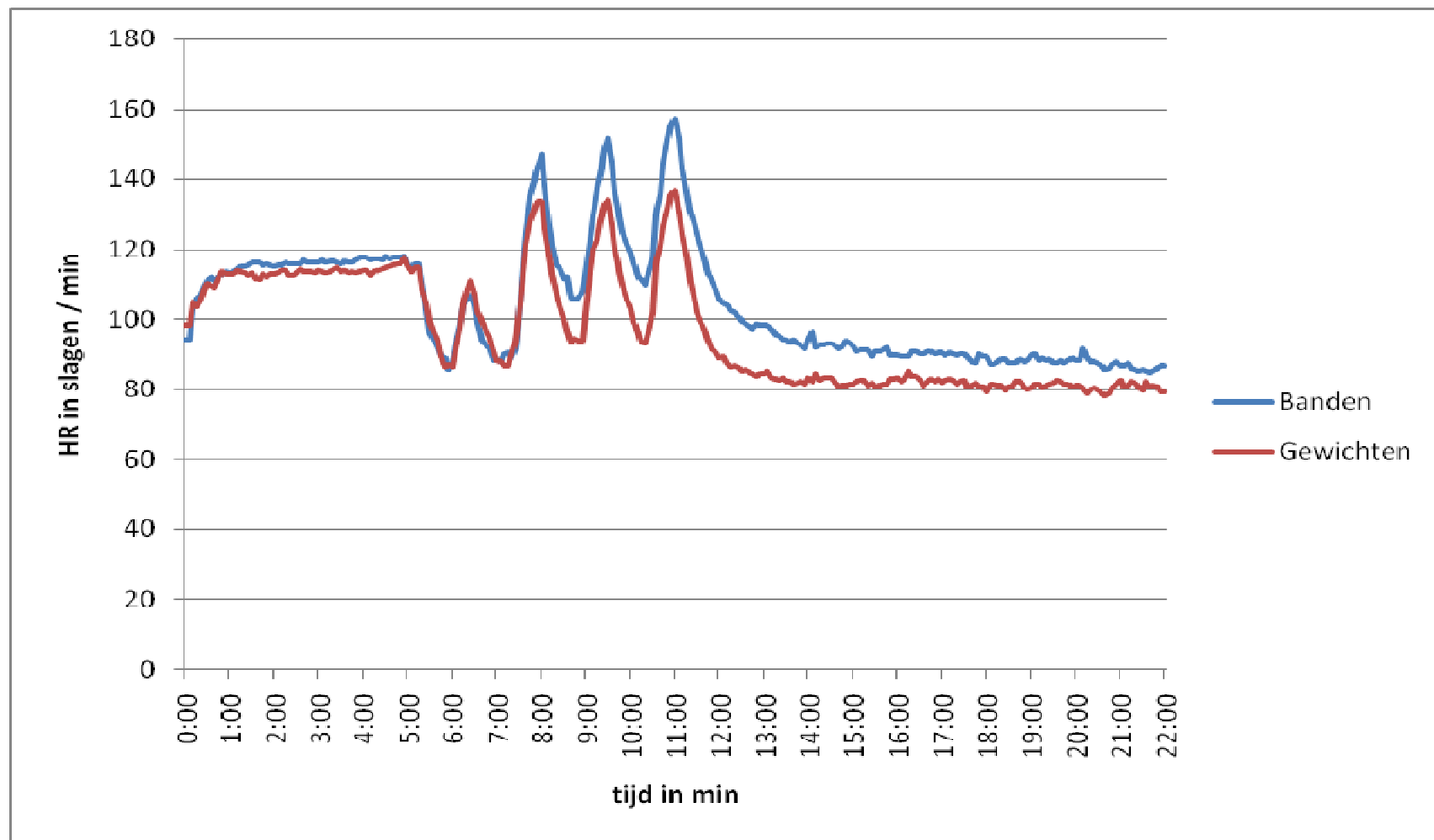
**Grafiek 5 – RER**



Grafiek 6 – V'e



**Grafiek 7 – HR**



**Tabel 5 – Cardio respiratorisch**

|               | Fase 2      |                          | Set 1       |                          | Set 2                   |                          | Set 3                    |                           |
|---------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
|               | Gew. ± SD   | Bnd. ± SD                | Gew. ± SD   | Bnd. ± SD                | Gew. ± SD               | Bnd. ± SD                | Gew. ± SD                | Bnd. ± SD                 |
| VO2 (ml/min)  | 1114 ± 196  | 1380 ± 272 <sup>*</sup>  | 1039 ± 170  | 1256 ± 237 <sup>*</sup>  | 1122 ± 186 <sup>#</sup> | 1398 ± 248 <sup>*#</sup> | 1181 ± 218 <sup>#‡</sup> | 1485 ± 298 <sup>*#‡</sup> |
| VCO2 (ml/min) | 1155 ± 129  | 1555 ± 200 <sup>*</sup>  | 1081 ± 101  | 1390 ± 184 <sup>*</sup>  | 1180 ± 120 <sup>#</sup> | 1615 ± 104 <sup>*#</sup> | 1206 ± 138 <sup>#</sup>  | 1658 ± 196 <sup>*#</sup>  |
| RER           | 1,06 ± 0,12 | 1,16 ± 0,15 <sup>*</sup> | 1,06 ± 0,09 | 1,34 ± 0,14 <sup>*</sup> | 1,07 ± 0,14             | 1,19 ± 0,17 <sup>*</sup> | 1,04 ± 0,12 <sup>‡</sup> | 1,15 ± 0,16 <sup>*‡</sup> |
| V'e (l/min)   | 33,3 ± 5,3  | 44,7 ± 9 <sup>*</sup>    | 31 ± 3,5    | 38 ± 4,6 <sup>*</sup>    | 34 ± 5,9 <sup>#</sup>   | 46 ± 7 <sup>*#</sup>     | 35 ± 5,6 <sup>#</sup>    | 50 ± 10,7 <sup>*#‡</sup>  |
| HR (1/min)    | 112 ± 15    | 127 ± 15 <sup>*</sup>    | 111 ± 15    | 121 ± 14 <sup>*</sup>    | 112 ± 14                | 127 ± 13 <sup>*#</sup>   | 112 ± 17                 | 131 ± 17 <sup>*#‡</sup>   |

\* = significant verschil t.o.v. gewichten

# = significant verschil t.o.v. Set 1

‡ = significant verschil t.o.v. Set 2

***Tabel 6 – Fase 3 – Begin herstelfase***

|               | Gewichten $\pm$ SD | Banden $\pm$ SD              |
|---------------|--------------------|------------------------------|
| VO2 (ml/min)  | 444 $\pm$ 107      | 526 $\pm$ 114 <sup>*</sup>   |
| VCO2 (ml/min) | 462 $\pm$ 111      | 617 $\pm$ 144 <sup>*</sup>   |
| RER           | 1,03 $\pm$ 0,09    | 1,15 $\pm$ 0,07 <sup>*</sup> |
| V'e (l/min)   | 15 $\pm$ 3         | 20 $\pm$ 4 <sup>*</sup>      |
| HR (1/min)    | 83 $\pm$ 18        | 94 $\pm$ 21 <sup>*</sup>     |

\* = significant verschil t.o.v. gewichten

***Tabel 7 – Fase 4 – Eind herstelfase***

|               | Gewichten $\pm$ SD | Banden $\pm$ SD |
|---------------|--------------------|-----------------|
| VO2 (ml/min)  | 370 $\pm$ 90       | 405 $\pm$ 93    |
| VCO2 (ml/min) | 318 $\pm$ 68       | 353 $\pm$ 78    |
| RER           | 0,86 $\pm$ 0,02    | 0,87 $\pm$ 0,05 |
| V'e (l/min)   | 11 $\pm$ 2         | 13 $\pm$ 3*     |
| HR (1/min)    | 81 $\pm$ 15        | 88 $\pm$ 18*    |

\* = significant verschil t.o.v. gewichten