

Masterproef deel 2:

Determinanten voor tolerantie voor melkzuur accumulatie tijdens opklimmende inspanning bij elite en recreatieve atleten.

Masterproef voorgedragen
tot het behalen van de
graad van Master of Science in de
Revalidatiewetenschappen en de Kinesithérapie

door Michael ALLARD

o.l.v.

Prof. dr. D. Hansen, promotor

Hasselt, 2015

Woord vooraf

Met dit dankwoord wil ik mij richten naar iedereen die meegewerkt heeft met het tot stand brengen van deze masterproef. Het is een proces waar veel tijd en werk in kruipt.

In eerste instantie wil ik promotor Prof. Dr. D. Hansen, die mij doorheen het hele proces begeleid heeft, advies heeft gegeven en geholpen heeft, bedanken. Op elk moment stond hij klaar om mijn vragen te beantwoorden, hulp te bieden en voorlopige versies van mijn masterproef de nodige opmerkingen verschaffen.

Dankzij hem heb ik de kans gekregen om mij in dit onderwerp te verdiepen en onderzoeken. Ik wil hem bedanken voor het vertrouwen, het harde werk en het evalueren van deze masterproef.

Ook wil ik het REVAL bedanken, die hun infrastructuur ter beschikking stelden zodat mijn onderzoek vlot en correct kon verlopen.

Tot slot gaat mijn dank uit naar mijn familie, vrienden en collega-studenten voor de steun en hulp de voorbije jaren.

Situering

Om de opleiding Revalidatiewetenschappen en Kinesitherapie te voltooien is het noodzakelijk dat er een masterproef geschreven wordt. In de opleiding komt men in contact met zowel elitesporters als recreatieve sporters. Van preventie tot behandeling. De voorkennis vanuit de opleiding en mijn interesse in dit onderwerp, heeft geleid tot deze masterproef.

Fysiek actief zijn in het leven is een belangrijk aspect in onze maatschappij. Het zorgt voor een reductie of verbetering van een aantal belangrijke factoren die kunnen leiden tot chronische aandoeningen bij zowel kinderen als volwassenen, zoals overgewicht en obesitas (Steinbeck, 2008), hypertensie (Rossi, Dekareva, Bacon & Daskalopoulou, 2012), dyslipidemie (Caro, Navarro, Romero, Lorente, Priego, Martinez-Hervas, Real & Ascós, 2013) en insulineresistentie of diabetes (Chimen, Kennedy, Pang, Andrews, Narendran & Nirantharakumar, 2012)

Sport en fysieke activiteit spelen hier een belangrijke rol bij: dit laat ons toe cardiorespiratoir fit te zijn/worden. Bij competitieve sporters is het belangrijk dat er sportmedische screenings plaatsvinden ter kwantificatie van fysieke fitheid en kan dienen voor het opstellen van een trainingsprogramma. Een screening gebeurt aan de hand van een maximale inspanningsproef in een sportmedisch centrum te Diepenbeek (ADLON).

Bij deze screening worden verschillende lichamelijke parameters onderzocht zoals hartfrequentie, VO₂piek, VCO₂piek, Vepiek,... Deze parameters zijn belangrijk om de fysieke fitheid van een bepaalde sporter vast te stellen. Een ander belangrijke parameter is lactaat. Lactaatproductie is geassocieerd met spiervermoeidheid (Aldeam, Irving & Dillworth, 2013) en is hierbij limiterend voor sportprestaties. Het is dus belangrijk om een sportmedische screening te ondergaan zodat sportprestaties op een wetenschappelijke manier geoptimaliseerd kunnen worden.

Tot op heden zijn er enkel studies gedaan die de determinanten voor de hoogte van de anaërobe drempel onderzochten. Het doel van deze studie is een stap verder te gaan en onderzoeken welke de determinanten zijn die bepalen of een inspanning langer kan worden volgehouden na het overschrijden van de anaërobe drempel.

Door middel van het analyseren van inspanningsproeven willen wij meer informatie over de determinanten van tolerantie voor melkzuurvorming te weten komen.

Referentielijst Situering:

1. Aldeam F., Irving R., Dilworth L. (2013). Overview of Lactate Metabolism and the Implications for Athletes. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 1.3: 42-46.
2. Carro J., Navarro I., Romero P., Lorente R., Priego M., Martinez-Hervas S., Real J., Ascaso J. (2013). Metabolic effects of regular physical exercise in healthy population. *Endocrinologia y nutricion*, Volume 60, Issue 4, pg 167-172.
3. Chimen M., Kennedy A., Nirantharakumar K., Pang T., Andrews R., Narendran P. (2012). What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia*, 55(3):542-51. doi: 10.1007/s00125-011-2403-2.
4. Rossi A., Dikareva A., Bacon S., Daskalopoulou S. (2012). The impact of physical activity on mortality in patients with high blood pressure: a systematic review. *Journal of hypertension*, Volume 30, Issue 7, pg 1277-1288.
5. Steinbeck, K. S. (2008), The importance of physical activity in the prevention of overweight and obesity in childhood: a review and an opinion. *Obesity Reviews*, 2: 117–130. doi: 10.1046/j.1467-789x.2001.00033.x.

Afkortingen

- Vt: teugvolume
- Hr: hartfrequentie
- BF: Ademfrequentie
- RER: respiratoire gasuitwisselingsverhouding
- VO₂: zuurstofopname
- VCO₂: kooldioxide afgifte
- PETCO₂: eind tidale kooldioxidespanning
- PETO₂: eind tidale zuurstofspanning
- Ve: Ademminuutvolume
- VO₂/HR: relatie zuurstofproductie en hartfrequentie (O₂pols)
- VE/VO₂: ventilatoire equivalent voor zuurstofopname
- VE/VCO₂: ventilatoire equivalent voor kooldioxideafgifte
- Lac: lactaat

Abstract

Achtergrond: Inspanningstesten zijn van nut ifv screening van (elite) atleten. Tot op heden zijn er enkel onderzoeken gedaan naar de determinanten van de hoogte van de anaërobe drempel. Deze studie wil onderzoeken welke parameters het voortzetten van een inspanning bepalen na het overschrijden van de anaërobe drempel tijdens inspanningstesten met opklimmende weerstand.

Methode: We onderzochten de cardiorespiratoire respons van 160 (elite) atleten (145♂, 21♀; leeftijd 36j. ± 11j.) die een maximale inspanningstest hebben afgelegd in de periode van 2011-2014 in ADLON. Correlaties tussen de inspanningsparameters werden onderzocht. Determinanten van de anaërobe drempel (VO₂lac) (cardiorespiratoire parameters op de VO₂ Lac (tijd, V_t, VCO₂, VO₂/Hr, BF, VE, VE/VCO₂, VE/VO₂, RER, PETCO₂, PETO₂, lengte, gewicht, sport, BMI en soort test) werden onderzocht met multiële variëte regressie. Determinanten van omvang van VO₂ boven VO₂lac (ΔVO₂) (cardiorespiratoire parameters boven de VO₂lac (ΔVCO₂, ΔVE/VO₂, ΔVE/VCO₂, ΔBF, ΔV_t, ΔRER, ΔVO₂/Hr, ΔPETO₂, ΔPETCO₂, lengte, gewicht, sport, BMI en soort test) werden onderzocht met een multiële variëte regressie.

Resultaten: De deelnemers bereikten een gemiddelde VO₂Lac van 3104ml/min ± 704ml/min en VO₂piek van 3708ml/min ± 780 ml/min. In volgorde van belangrijkheid correleerde VO₂lac significant (p<0,05) met Ve/VO₂lac (β=-47,28), VCO₂lac (β=0,43), Velac (β=11,84), VO₂/Hrlac (β=26,97), PETCO₂lac (β= -99,74), RERlac (β= -809,49), BF_{lac} (β=2,52), PETO₂lac (β=-75,15), soort test (β=-33,94,) en tijdlac (β=5,58). In volgorde van belangrijkheid correleerde ΔVO₂piek boven de VO₂lac significant (p<0,05) met ΔVE/VO₂ (β=-56,93), ΔVCO₂ (β=0,46), VO₂lac (β=-0,080), ΔVO₂/Hr (β=42,56), ΔVE/VCO₂ (β=33,12), ΔVE (β=7,10), ΔRER (β=-350,79) en lengte (β=1,68).

Conclusie: Een grotere toename van VCO₂, VO₂/Hr, VE/VCO₂, VE en een kleinere toename van Ve/VO₂, VO₂lac en RER voorspelde een grotere inspanningsmarge na het overschrijden van de anaërobe drempel in (elite) atleten.

KEY WORDS: anaërobe drempel, ergospirometrie, lactaataccumulatie

Introductie

Cardiorespiratoire fitheid is belangrijk in de preventie van pathologieën. Een lage cardiorespiratoire fitheid correleert met een verhoogde kans op ontwikkeling van coronaire hartlijden (Dyrstad, Anderssen, Edvardsen & Hansen, 2015), maar ook van bepaalde kankers, type 2 diabetes mellitus, osteoporose en een kortere levensduur (Myers, McAuley, Lavie, Despres, Arena & Kokkinos, 2015). Vandaar dat sporten een belangrijk aspect in ons leven is. Sporten zorgt ervoor dat we fysiek actief zijn en dit zorgt op zijn beurt voor een goede cardiorespiratoire fitheid.

Mensen die sporten, of graag willen sporten, doen er goed aan om zich alvorens sportmedisch (ergospirometrie) te laten screenen. Dergelijk onderzoek laat toe een beoordeling te maken van de algemene fitheid, gezondheid en prestatiecapaciteit van de sporter. Aan de hand van deze resultaten kunnen gezondheidsrisico's geanalyseerd worden, en de trainingsmodaliteiten nader bepaald worden (Backx, 2009). Tijdens dergelijke inspanningsproef worden een veelheid aan parameters (VO₂, VCO₂, VE, HF, etc.) gemeten en op basis van deze resultaten wordt de cardiorespiratoire gezondheid van een sporter bepaald. Bijkomend wordt er tijdens een maximale inspanningstest bloedlactaat gemeten.

Op een bepaalde belastingsgraad ontstaat er excessief veel lactaat. Tijdens inspanningen van minder dan 50% van de aerobe capaciteit blijft de lactaatoxidatie gelijk aan de lactaatproductie. Dit komt doordat weefsels dit nog voldoende kunnen compenseren. Tijdens deze intensiteit is er lactaatoxidatie door andere weefsels in het lichaam, omzetting van lactaat naar glucose in de spieren, lever en omzetting naar aminozuren. De hartspiervezels en de trage spiervezels nemen de lactaat op en zetten deze om naar pyruvaat (Penningtong, 2015). Dit wil zeggen dat het aerobe metabolisme nog voldoet aan de eisen van de actieve spieren (Mcardle, Katch & Katch, 2009). Lactaat wordt in deze omstandigheden gebruikt als brandstof voor ander weefsels (Emhoff, Messonier, Horning, Fattor, Carlson & Brooks, 2013).

Er ontstaat echter lactaataccumulatie wanneer de lactaatproductie groter wordt dan de oxidatiecapaciteit. Elke persoon of sporter heeft een bepaalde anaërobe drempel. De anaërobe drempel is dus een moment in het lichaam waarbij relatieve weefselhypoxie zorgt voor een disbalans tussen lactaatproductie en de verwijdering van lactaat, wat op zijn beurt zorgt

voor lactaatoophoping. De hoogte van deze drempel heeft een belangrijk effect op de sportprestaties. Zo is er een verschil in drempels tussen ongetrainde en getrainde atleten. De drempel van een getrainde atleet ligt hoger dan die van een ongetrainde atleet waardoor de getrainde atleet minder snel zal “verzuren” (Green, Hornsby, Pritchett & Pritchett, 2014). Er zijn bepaalde determinanten die de hoogte bepalen van deze anaërobe drempel: perfusiecapaciteit (Sakamaki-Sunaga, Loenneke, Thiebaud & Abe, 2012), spieroxidatiecapaciteit, hoeveelheid trage spiervezels (Ivy, Withers, Van Handel, Elger & Costill, 1980), grotere spiermassa (Atomi, Fukunaga, Hatta & Yamamoto, 1987), mitochondrale functie (Ciammola, Sassone, Sciacco, Mencacci, Ripolone, Bizzi, Colciago, Moggio, Parati & Malfatto, 2011) en CO₂ buffercapaciteit (McArdle e.a. 2009). De anaërobe drempel is de beste indicator voor aerobe capaciteit en uithoudingsvermogen (Yoshida, Chida, Ichioka & Suda, 1987).

Tot op heden is er echter nog geen wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd naar de determinanten die de tolerantie voor melkzuuraccumulatie tijdens opklimmende inspanning bepalen. Met dit onderzoek willen we niet enkel deze determinanten ontdekken, maar ook waarom deze determinanten zo belangrijk zijn.

Het huidige doel van deze studie is te onderzoeken wat de determinanten zijn die zorgen voor een hoge tolerantie voor melkzuuraccumulatie tijdens gradueel stijgende inspanningen in (elite) atleten. M.a.w. welke factoren bepalen hoe lang een sporter een inspanning met opklimmende weerstand kan blijven volhouden na overschrijden van de anaërobe drempel? Onze hypothese is dat dezelfde determinanten die de hoogte van de anaërobe drempel bepalen, ook van belang zijn voor de tolerantie voor melkzuuraccumulatie tijdens opklimmende inspanning.

METHODE

Design

Deze studie was een cross-sectionele studie onder leiding van Prof. Dr. Dominique Hansen. Dit onderzoek had een goedkeuring van de ethische commissie. Elke participant of voogd/ouder van de participant had een informed consent gelezen en getekend. Het totaal aantal participanten waren gerealiseerd door middel van afgenomen inspanningsproeven van afgelopen jaren (2011-2014). Deze inspanningsproeven vonden plaats in het REVAL onder leiding van Prof. Dr. Bert Op 't Eijnde (ADLON).

Men kon een inspanningsproef op twee manieren uitvoeren. Met een loopband of met de fietsergometer/eigen fiets.

Participanten

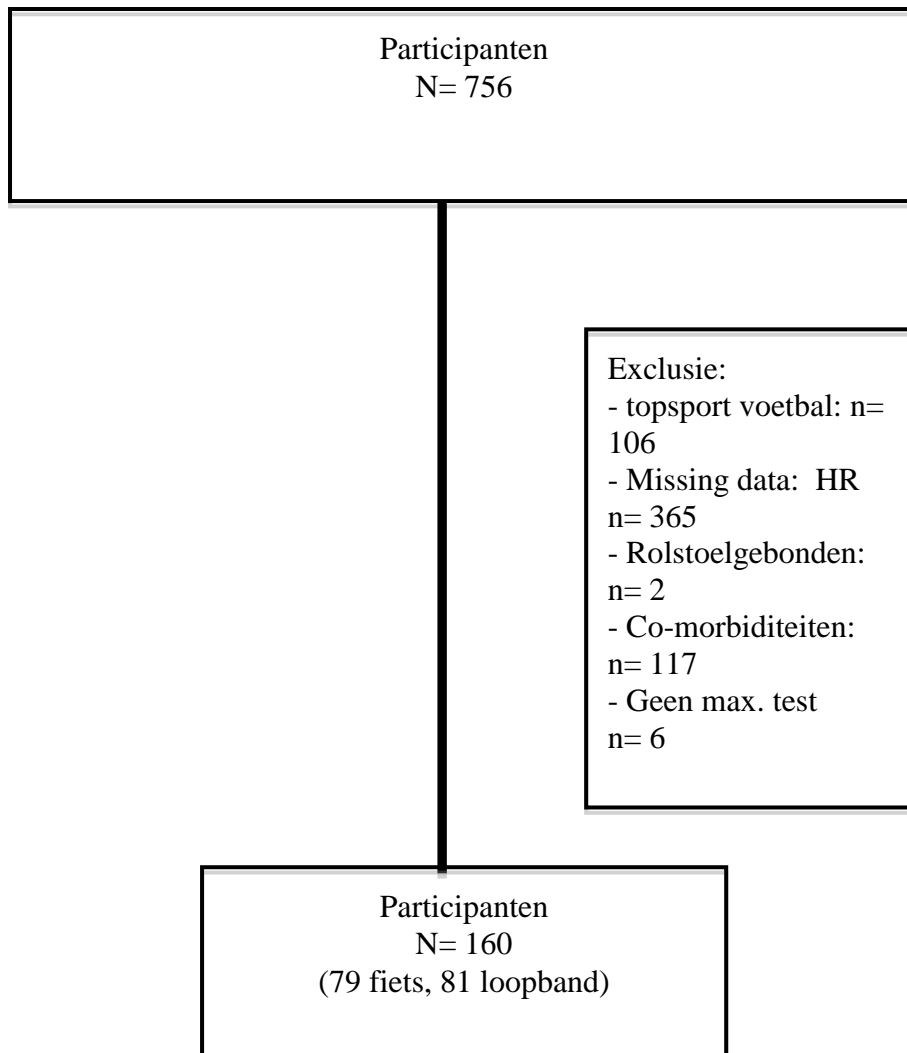
Initieel waren er 756 participanten met een leeftijd tussen de 16 en 79 jaar, geïnventariseerd. Elke sporttak werd geïncludeerd. De inventarisatie vond plaats in het REVAL (ADLON) te Diepenbeek. Subjecten werden geëxcludeerd indien: 1) data onbeschikbaar (HR); 2) topsportstatuut voetbal; 3) aanwezigheid van co-morbiditeiten zoals astma, breuken, rugklachten en hartaandoeningen; 4) rolstoelgebonden; 5) Geen maximale inspanningstest. In deze studie werden 596 participanten geëxcludeerd omwille van deze redenen (figuur 1).

Parameter selectie

De volgende parameters werden geïnventariseerd en geanalyseerd van alle geïncludeerde participanten in deze studie:

- 1) karakteristieken: Geslacht, leeftijd, lengte, gewicht, BMI, sporttak, co-morbiditeiten en geneesmiddelen inname.
- 2) Parameters op piekbelasting en op anaërobe drempel: teugvolume (V_t), hartfrequentie (HR), zuurstofopname (VO_2), kooldioxideafgifte (VCO_2), ademfrequentie (BF), ademminutenvolume (V_e), respiratoire gasuitwisselingverhouding (RER), eind-tidale zuurstofspanning ($P_{ET}O_2$), eind-tidale kooldioxidespanning ($P_{ET}CO_2$), ventilatoire equivalent voor zuurstofopname (VE/VO_2), ventilatoire equivalent voor kooldioxideafgifte (VE/VCO_2) en lactaat (Lac).
- 3: Δ -waarden van alle cardiorespiratoire parameters: Verschil tussen piekwaarden en waarden op de anaërobe drempel.

Figuur 1. Aantal participanten



Metingen

Loopband test

Hierbij ging men op de loopband (TechnoGym) met gebruik van hartslagmeter (Polar) tot maximale vrijwillige uitputting. Data werden breath-by-breath verzameld en per 10 seconden gemiddeld. Maximale vrijwillige uitputting werd objectief gemeten door middel van de RER en HR. RER-waarden boven de 1.1 toonden aan dat de sporter in kwestie een maximale inspanningsproef had uitgevoerd. Het bereiken van >90% van de maximale hartfrequentie (220- leeftijd) toonde ook aan dat de sporter een maximale inspanning had uitgevoerd. De inspanningstest begon aan een wandelsnelheid van 4km/u, gevolgd door stappen van 1km/u per minuut of per 3 minuten. De inspanning ging tot maximale vrijwillige uitputting. Hierbij werd met de Oxycon Gasanalyser (Jaeger Oxycon Pro) een gasuitwisselingsanalyse uitgevoerd ter bepaling van parameters zoals VO₂, RER, BF, V_t, V_e, VCO₂, P_{ETO2} en P_{PETCO2}. Iedere ochtend voor de test werd een volume en gas kalibratie gedaan van de Oxycon Pro. Tijdens de inspanning werd ook een bloedlactaat analyse gedaan met de Analox bloodlactate analyzer door middel van een 7-microliter sample van het bloed. Dit onderzoek heeft de methode van 4mmol (aërobe-anaërobe drempel) gehanteerd (Beneke, Leithäuser & Ochentel, 2011). Bij elke verandering van belasting werd er bloedstaal afgenomen door middel van een prik in de vingertop van de sporter terwijl de sporter de inspanning bleef verder zetten. Dit bloedstaal was nodig om de lactaatconcentratie te kunnen meten. Elke inspanningstest werd uitgevoerd bij een kamertemperatuur van 19-21°C.

Fietstest

Deze werd uitgevoerd op de ergospirometerfiets (Cyclus 2) of van de eigen (wielrenners) fiets. Bij de fietstest werden dezelfde criteria gebruikt voor maximale vrijwillige uitputting als bij de loopband test. De sporter kreeg een hartslagmeter (Polar) om de hartfrequentie te bepalen. De inspanningstest begon vanaf 40W tot maximale vrijwillige uitputting. De test steeg gradueel met stappen van 30-40 Watt per 3 minuten. Tijdens de test was er een gasuitwisselingsanalyse met de Oxycon Gasanalyser (Jaeger Oxycon Pro) ter bepaling van dezelfde parameters die tijdens een loopband test gemeten werden. Bij deze test werd er ook een bloedstaal genomen via een prik aan de oorlel of vingertop van de sporter. Hierbij deden we ook een bloedlactaatanalyse met de Analox bloodlactate analyzer en hanteerde we de methode van 4 mmol. De omstandigheden waarin de inspanningstesten werden uitgevoerd waren hetzelfde als bij de loopband test.

Statistische analyse

De verkregen data was statistisch geanalyseerd met het programma IBM SPSS Statistics 22. De resultaten waren weergegeven als gemiddelde \pm SD. Hierna werd onderzocht of er al dan niet outliers aanwezig waren die de data konden beïnvloeden.

Omdat de data afweek van de normaal verdeling (Kolmogorov-Smirnoff test) hebben we Spearman rho's correlaties berekend, om te onderzoeken welke parameters significante correlaties vertoonden.

De volgende stap was een forward stepwise multivariate regression analyse waarbij de onafhankelijke variabele VO₂Lac (VO₂piek op de anaërobe drempel) was. De afhankelijke variabelen waren: TijdLac, VtLac, VCO₂Lac, VO₂/HrLac, BFLac, VELac, VE/VCO₂Lac, VE/VO₂Lac, RERLac, PETCO₂Lac, PETO₂Lac, lengte, gewicht, sport, BMI en soort test (fiets/loopband). Met deze regressie onderzochten we welke parameters VO₂Lac (anaërobe drempel) voorspellen.

Vervolgens werd een tweede forward stepwise multivariate regression analyse uitgevoerd waarbij de onafhankelijke variabele Δ VO₂piek (verschil VO₂piek en VO₂ op de anaërobe drempel) was. De afhankelijke variabelen waren: Δ VCO₂piek, Δ VE/VO₂piek, Δ VE/VCO₂piek, Δ BFpiek, Δ Vtpiek, Δ RERpiek, Δ VO₂/Hrpiek, Δ PETO₂, Δ PETCO₂, lengte, gewicht, sport, BMI en soort test. Met deze regressieanalyse onderzochten we de determinanten van Δ VO₂piek boven VO₂lac. Een p-waarde lager dan 0,05 werd gezien als statistisch significant (2-zijdig).

RESULTATEN

Subject karakteristieken

141 mannen en 19 vrouwen hadden een inspanningsproef afgelegd. Hiervan hadden 79 de inspanningsproef op een fiets uitgevoerd en 81 op een loopband. De leeftijd van de participanten varieerde tussen de 16 jaar en 79 jaar. De participanten beoefenden verschillende soorten sport zoals mountainbike (n=6), voetbal (n=16), wielrennen (n=28), lopen (n=30), spinnen(n=1), triatlon (n=2), zwemmen (n=1), tennis (n=3), roeien (n=1), vechtsporten (n=1), klimmen (n=1), basketbal (n=1), fitness (n=3), volleybal (n=1), shorttrack (n=2), skiën/snowboarden (n=1) en skeeleren (n=1). In tabel 1 zijn de karakteristieken van de participanten (lengte, gewicht en BMI) weergegeven. In tabel 2 zijn de cardiorespiratoire parameters weergegeven.

Tabel 1 Karakteristieken van de deelnemers (n=160)

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard deviatie
Leeftijd	16	79	36	11
Lengte (cm)	159	195	177	8
Gewicht (Kg)	43	122	7	13
BMI	14,1	39,4	23,8	3,4

Tabel 2 Ergospiometriwaarden van de deelnemers (Piek/Anaërobe drempel) (n=160)

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard deviatie
Tijd(min)	10	25,3	16,70	3,54
Vtpiek(L)	1,15	4,41	2,75	0,62
Hrpiek(sl/min)	145	218	184	14
VCO2piek(ml/min)	2002	5732	4149	870
VO2piek(ml/min)	1760	5372	3708	780
VO2/Hrpiek	9,6	29,9	20,2	4,3
BFpiek (teugen/min)	27	78	50	11
Vepiek(L/min)	76	194	133	27
VE/VCO2piek	24,07	39,79	32,46	3,42
VE/VO2piek	25,32	47,93	36,37	4,26
RERpiek	1,00	1,28	1,13	0,07
PETCO2(mmHg)	3,2	6,9	4,9	0,5
PETO2(mmHg)	13,9	17,2	15,4	0,5
HR 4mmol	130	202	167	14
La(mmol/L)	5	17	10	2
TijdLac (min)	3,1	23,1	12,8	3,4
Vtlac (L)	1,14	3,89	2,47	0,57
VCO2Lac(ml/min)	1293	5010	3174	733
VO2Lac (ml/min)	1302	4889	3104	704
VO2/HrLac	8	29	18	4
BFLac (teugen/min)	18	70	37	10
VeLac (L/min)	38	149	90	22
VE/VCO2Lac	20,01	38,09	28,55	3,47
VE/VO2Lac	20,20	42,37	29,21	3,90
RERLac	0,90	1,13	1,02	0,05
PETCO2Lac(mmHg)	3,90	6,86	5,50	0,60
PETO2Lac(mmHg)	12,82	16,52	14,45	0,69

Regressie

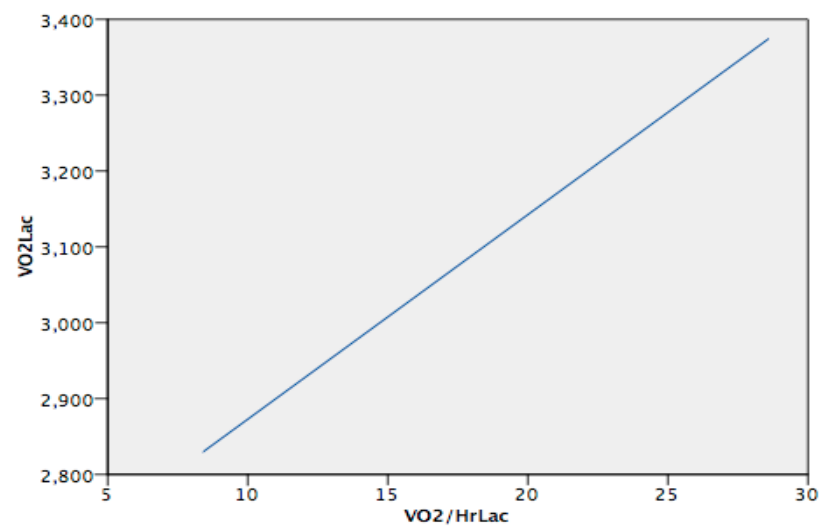
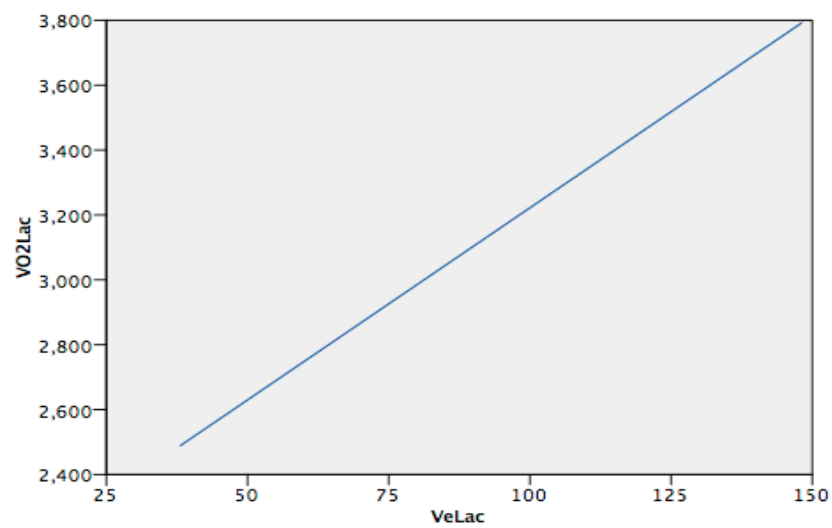
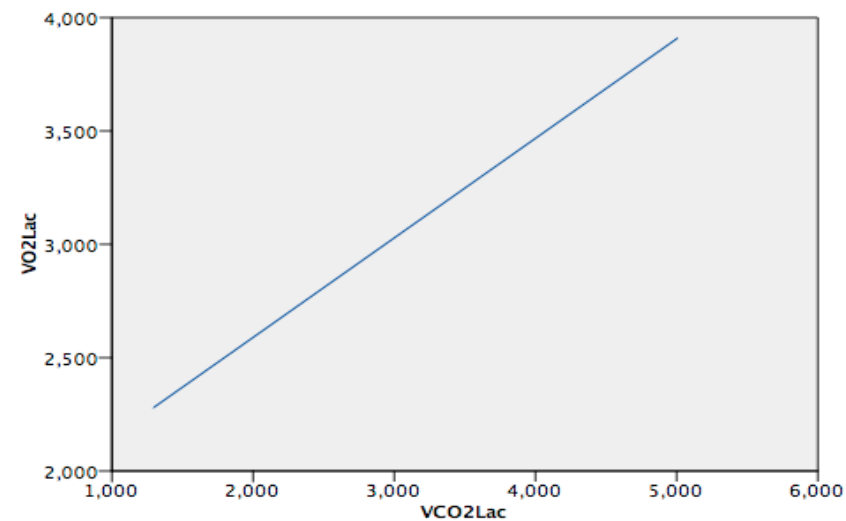
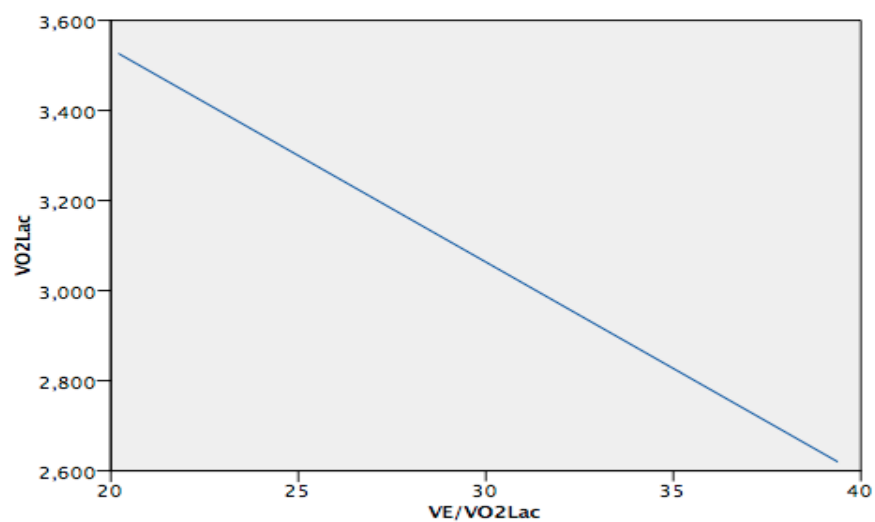
Predictoren voor VO2Lac (figuur 2)

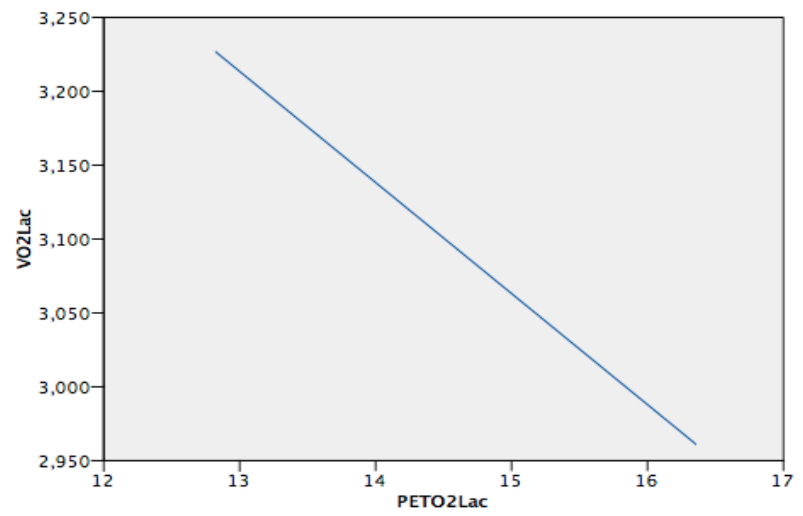
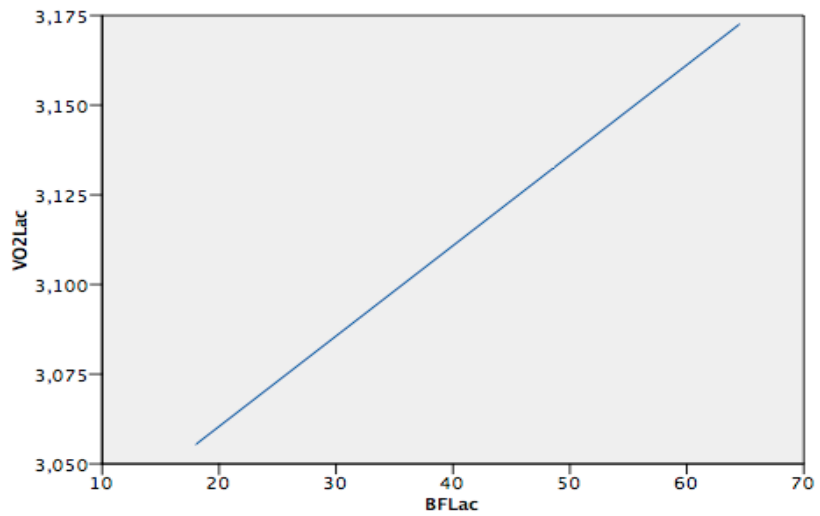
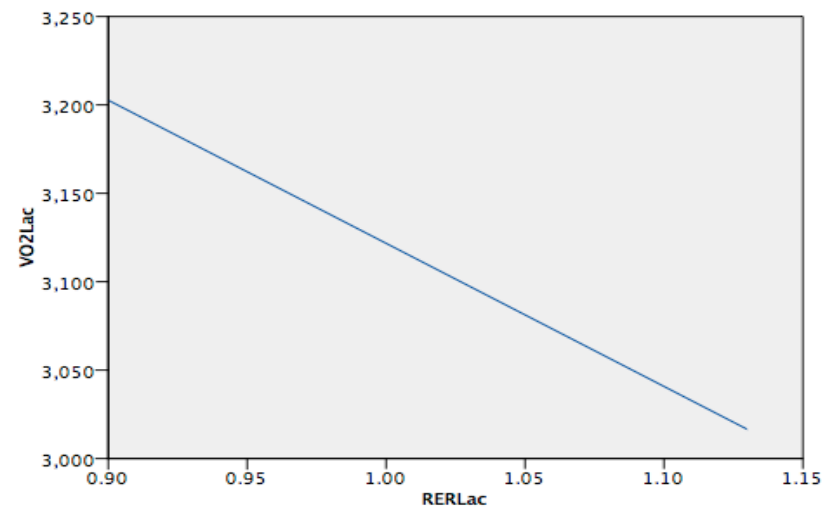
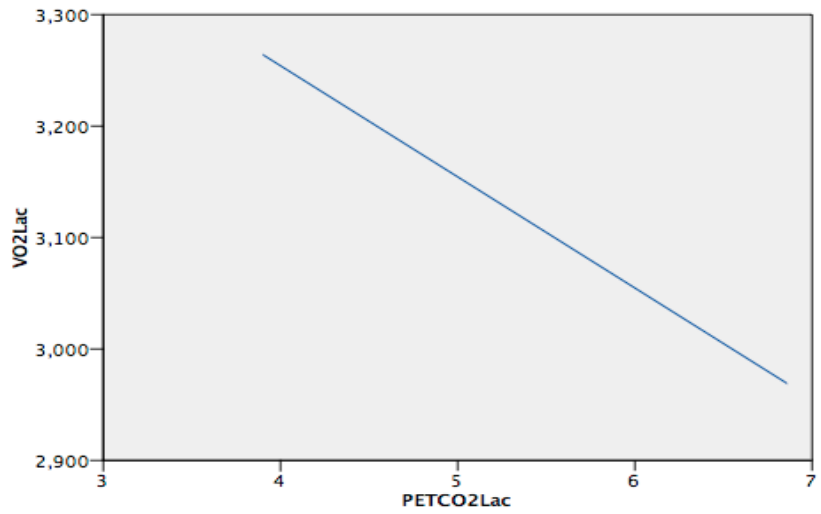
In volgorde van belangrijkheid waren dit de parameters die de anaërobe drempel determineerden ($p < 0,05$): VE/VO2lac ($\beta = -43,28$), VCO2lac ($\beta = 0,43$), Velac ($\beta = 11,84$), VO2/Hrlac ($\beta = 26,97$), PETCO2lac ($\beta = -99,74$), RERlac ($\beta = -809,49$), BFlac ($\beta = 2,52$), PETO2lac ($\beta = -75,17$), soort test ($\beta = -33,94$) en tijdlac ($\beta = 5,587$).

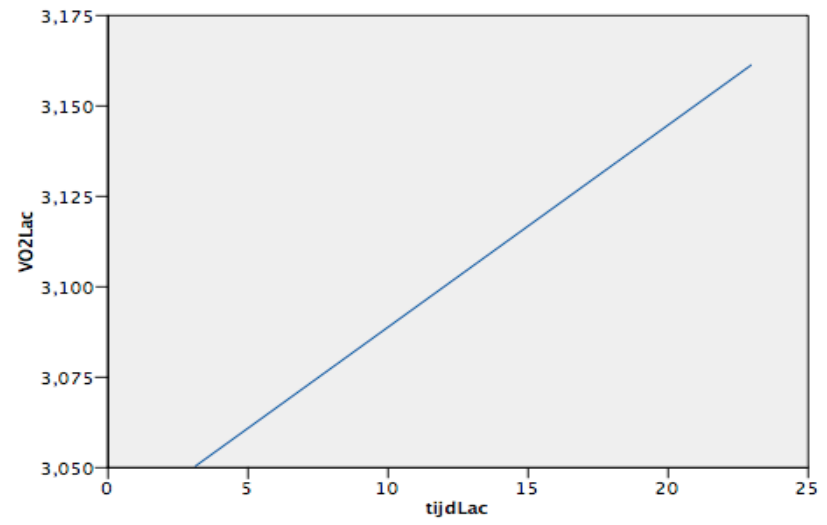
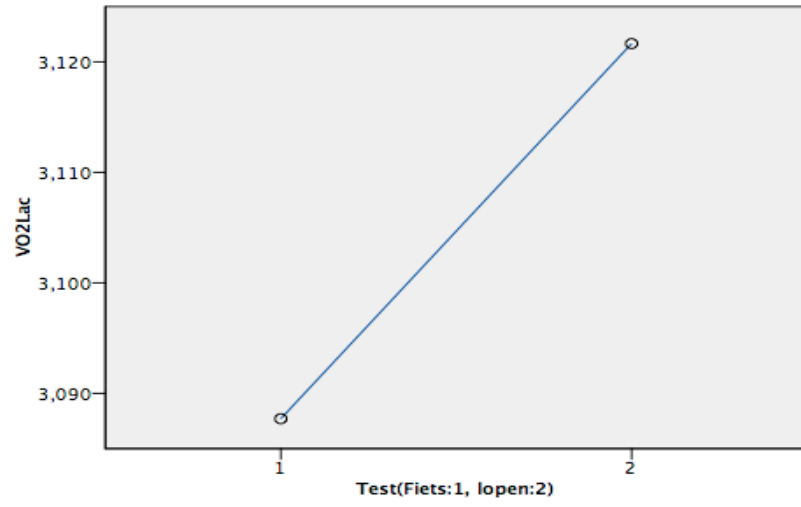
Predictoren voor Δ VO2 (figuur 3)

In volgorde van belangrijkheid waren dit de parameters die de Δ VO2piek boven de VO2lac determineerden ($p < 0,05$): Δ VE/VO2 ($\beta = 56,93$), Δ VCO2 ($\beta = 0,46$), VO2lac ($\beta = -0,08$), Δ VO2/Hr ($\beta = 42,56$), Δ VE/VCO2 ($\beta = 33,12$), Δ Ve ($\beta = 7,10$), Δ RERp ($\beta = -350,79$) en lichaamslengte van de sporter ($\beta = 1,68$).

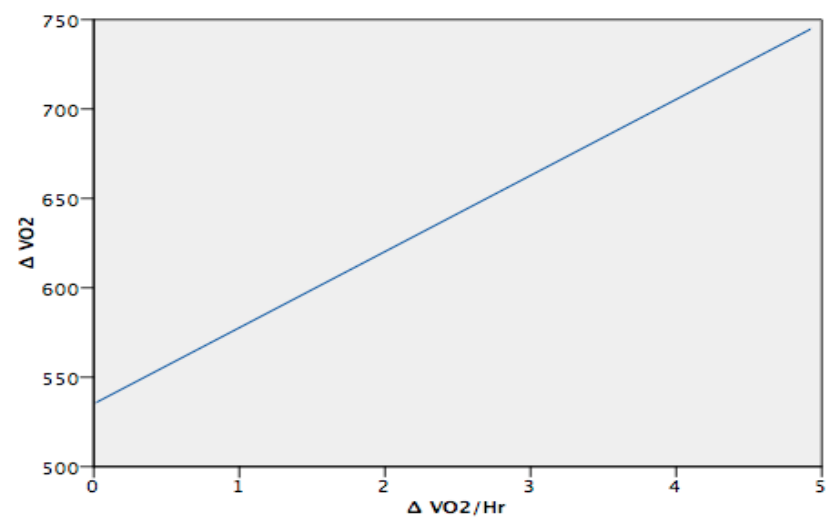
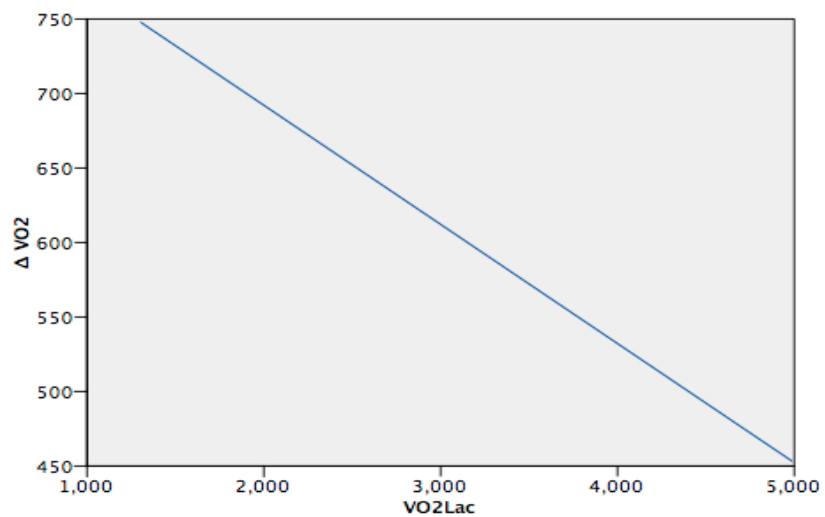
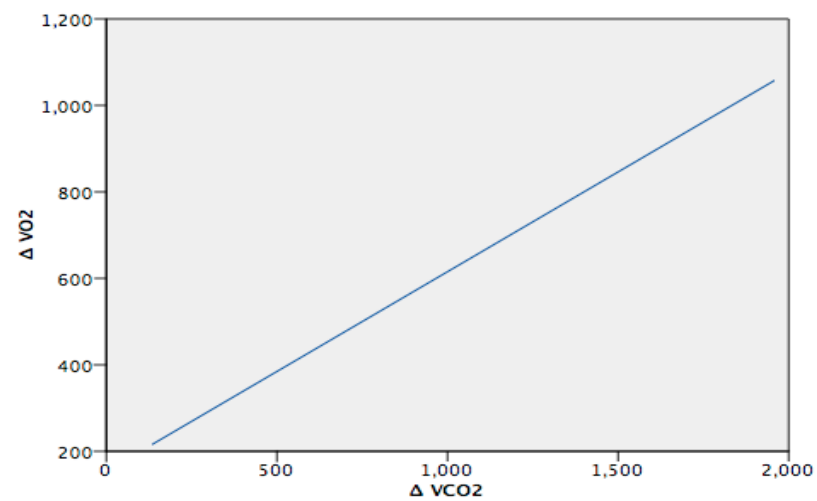
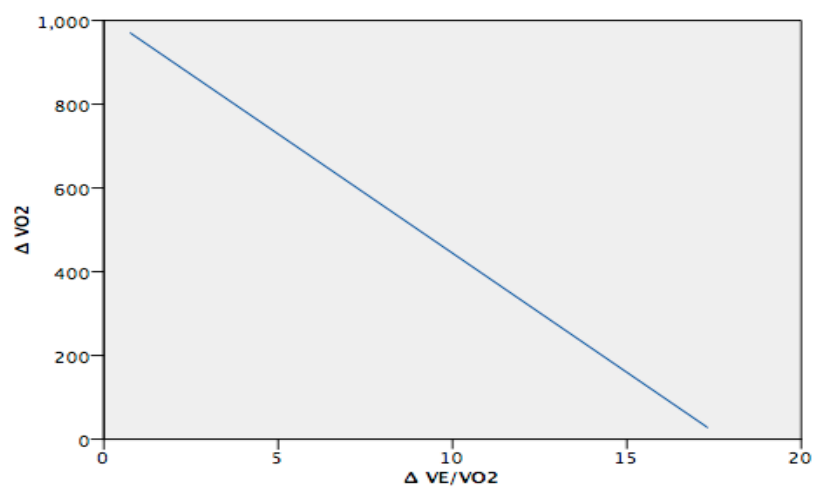
Figuur 2 Determinanten voor VO2Lac uit multivariate regressie

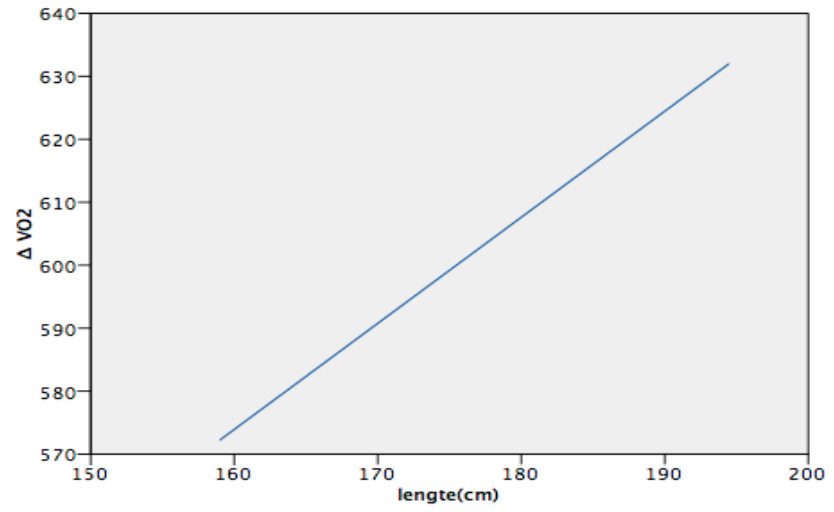
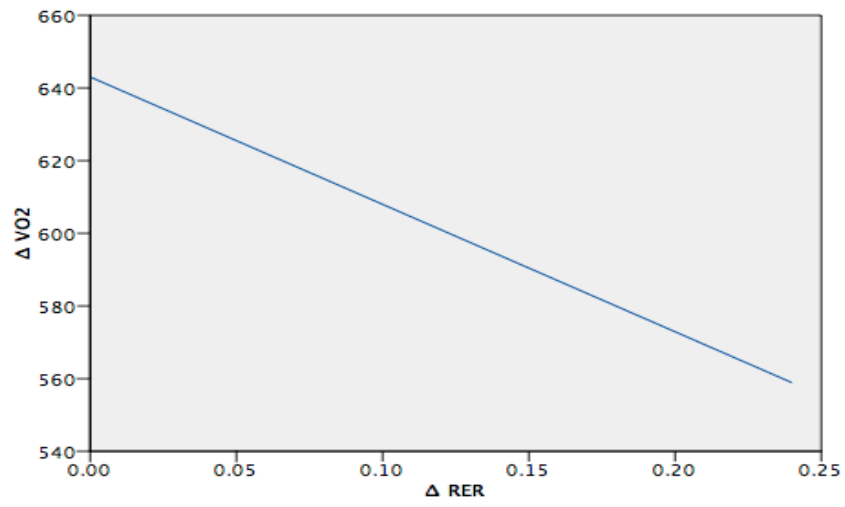
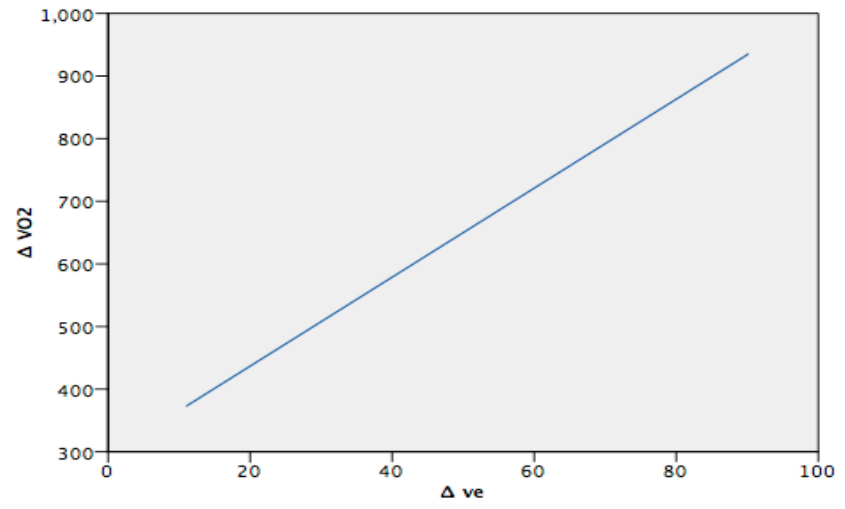
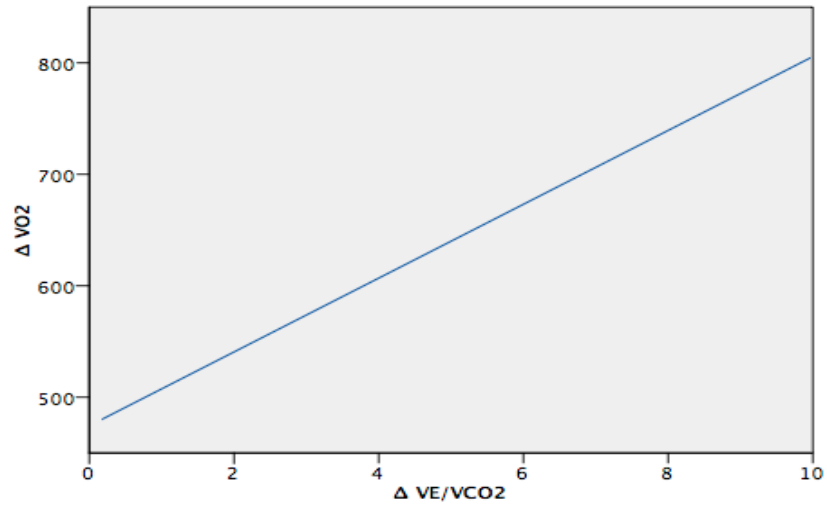






Figuur 3 Determinanten voor ΔVO_2 uit multivariate regressie





Correlaties met ΔVO_2

Er werden significante ($p < 0,01$) correlaties gevonden tussen ΔVO_2 ($VO_{2\text{piek}} - VO_{2\text{Lac}}$) en $VE/VCO_{2\text{Lac}}$, $VE/VO_{2\text{Lac}}$, $PETCO_{2\text{Lac}}$, $PETO_{2\text{Lac}}$, ΔV_t , ΔVCO_2 , $\Delta VO_2/\text{Hr}$, ΔBF , ΔVe , $\Delta VE/VCO_2$, $\Delta VE/VO_2$, ΔRER , $\Delta PETCO_2$ en $\Delta PETO_2$.

Hieruit bleek dat $VE/VCO_{2\text{Lac}}$, $VE/VO_{2\text{Lac}}$, $PETO_{2\text{Lac}}$ en $\Delta PETCO_2$ een negatief verband vertoonde met ΔVO_2 . $PETCO_{2\text{Lac}}$, ΔBF , $\Delta PETO_2$, $\Delta VCO_{2\text{piek}}$, $\Delta VO_2/\text{Hr}$ en ΔVe vertoonden een positief verband met ΔVO_2 . (tabel 5)

Tabel 5: Univariate correlaties met ΔVO_2

	r	p
$VE/VCO_{2\text{Lac}}$	-0,48**	<0,001
$VE/VO_{2\text{Lac}}$	-0,49**	<0,001
$PETCO_{2\text{Lac}}$	0,48**	<0,001
$PETO_{2\text{Lac}}$	-0,43**	<0,001
ΔV_t	0,30**	<0,001
ΔVCO_2	0,87**	<0,001
$\Delta VO_2/\text{Hr}$	0,78**	<0,001
ΔBF	0,40**	<0,001
ΔVe	0,71**	<0,001
$\Delta VE/VCO_2$	0,24**	<0,001
$\Delta VE/VO_2$	0,31**	<0,001
ΔRER	0,26**	<0,001
$\Delta PETCO_2$	-0,43**	<0,001
$\Delta PETO_2$	0,51**	<0,001

** Correlatie significant op het 0,01 niveau (2-zijdig).

DISCUSSIE

De resultaten van deze studie tonen aan dat de omvang van VE/VO₂, VCO₂, VO₂/Hr, VE/VCO₂, VE, RER, VO₂Lac en lichaamslengte determinanten zijn voor de omvang van VO₂ boven VO₂lac.

Determinanten van de anaërobe drempel (VO₂lac)

VE/VO₂Lac en VCO₂Lac zijn de parameters die VO₂lac het sterkst determineren. Bovendien wordt de VO₂lac ook gedetermineerd door Velac, VO₂/Hrlac, PETCO₂lac, RERlac, BFlac, PETO₂lac, soort test en tijdlac. Deze resultaten tonen aan dat een sporter met een grotere VCO₂, Ve, BF en VO₂/Hr een hogere anaërobe drempel bereiken. Echter, sporters met een hoge eind-tidale zuurstofspanning (PETO₂), VE/VO₂ en hoge eind-tidale koolstofspanning (PETCO₂) vertonen een lagere anaërobe drempel (VO₂lac).

Hoe hoger VCO₂lac tijdens inspanning, hoe hoger de anaërobe drempel blijkt te zijn. Hoe hoger VE/VO₂lac, hoe lager de anaërobe drempel blijkt te zijn. Dit is conform met de literatuur (McArdle e.a. 2009). Bij aanvang van lactaataccumulatie tijdens inspanning, door anaërobe glycolyse, wordt lactaat gebufferd door verhoogde omzetting naar CO₂ en vrijlating via de luchtwegen. Het lijkt er dus op dat een hoge capaciteit om CO₂ aan te maken en elimineren de hoogte van de anaërobe drempel sterk bepaalt (Pennington, 2015). Dit is een gevolg van een verhoogde hoeveelheid mitochondriën (Ciammola, Sassone, Sciacco, Mencacci, Ripolone, Bizzi, Colciago, Moggio, Parati & Malfatto, 2011), een verhoogde ventilatoire capaciteit (VE, BF en PETCO₂) en een verhoogde cardiale capaciteit (VO₂/Hr). Bij een lagere VE/VO₂ is er een verhoogde VO₂lac. Dit is het gevolg van een verhoogde O₂ opname efficiëntie. Dit wil zeggen dat er een verhoogde O₂ aanvoer naar de spieren toe mogelijk wordt. De soort test speelt ook een rol in de hoogte van de anaërobe drempel. Lopen is gekenmerkt door hogere VO₂piek en VO₂lac. Dit is het gevolg van meer actieve spiermassa tijdens het lopen, in vergelijking met fietsen. Naar de klinische praktijk toe toont dit aan dat hoe hoger de anaërobe drempel van een sporter is, hoe hoger de intensiteit een sporter kan doorstaan zonder excessieve lactaatproductie.

Determinanten voor tolerantie voor lactaataccumulatie (ΔVO_2)

$\Delta VE/VO_2$ en ΔVCO_2 zijn de parameters die ΔVO_2 het sterkst determineren. Bovendien wordt ΔVO_2 ook gedetermineerd door VO_{2lac} , $\Delta VO_2/Hr$, $\Delta VE/VCO_2$, ΔVE , ΔRER en lichaamslengte van de sporter. Deze resultaten tonen aan dat sporters met een grotere toename van VCO_2 , VO_2/Hr , VE/VCO_2 , Ve boven VO_{2lac} en lichaamslengte een hogere ΔVO_2 bereiken. Sporters met een grotere toename van VE/VO_2 boven VO_{2lac} , hogere VO_{2lac} en RER piek hebben een lagere ΔVO_2 . Hoe groter de toename van VCO_2 boven VO_{2lac} tijdens inspanning, hoe hoger ΔVO_2 blijkt te zijn. Hoe groter de toename van VE/VO_2 boven VO_{2lac} tijdens inspanning, hoe lager ΔVO_2 blijkt te zijn. Het lijkt er hier dus ook op dat een hoge capaciteit om CO_2 aan te maken en elimineren de hoogte van de ΔVO_2 bepaalt. Hier blijkt dus dat dezelfde mechanismen die een rol spelen bij de hoogte van de anaërobe drempel, ook een rol spelen bij de hoogte van ΔVO_2 . M.a.w. een verhoogde hoeveelheid en activatie van mitochondriën, verhoogde ventilatoire capaciteit (VE) en een verhoogde cardiale capaciteit (VO_2/HR) zorgen voor een hogere ΔVO_2 . Bij een lagere $\Delta VE/VO_2$ is er een hogere ΔVO_2 . Een verklaring hiervoor is dat er een verhoogde O_2 opname efficiënte is waardoor er meer O_2 aanvoer is naar de spieren. Een lagere VO_{2lac} zorgt voor een hogere ΔVO_2 , wat het geval is bij uithoudingssporters. Sporters met een grotere lichaamslengte hebben een hogere ΔVO_2 . Een verklaring hiervoor is niet gekend. Deze resultaten kunnen naar de klinische praktijk nuttig zijn.

Met deze kennis kunnen we trainingsprogramma's, revalidatieprogramma's beter opstellen en verkrijgen we een beter begrip in de determinanten voor tolerantie voor lactaataccumulatie in (elite) atleten. Vergelijkbare resultaten zijn er niet omdat dit, volgens onze kennis, de eerste studie is die dit nader heeft onderzocht.

Sterke en zwakke punten van de studie

Deze studie bevat enkele sterke punten en beperkingen waar men rekening mee moet houden bij het interpreteren van de resultaten. Eén van de sterke punten van dit onderzoek is de steekproefgrootte van 160 participanten. Met een grote steekproefgrootte kunnen we nauwkeurigere analyses en resultaten bekomen die representatief zijn. Een tweede sterk punt is dat het onderzoek (data collectie) op een gestandaardiseerde manier is uitgevoerd door vrijwel altijd dezelfde onderzoeker. Hierdoor is er een lage variabiliteit in functie van de

resultaten. Een beperking van deze studie is het gebruik van de 4mmol methode ter bepaling van de anaërobe drempel. Er is weinig wetenschappelijk bewijs welke methode het beste hiervan gehanteerd wordt.

CONCLUSIE

De resultaten tonen aan dat sporters met een grotere toename van VCO_2 , VE/VCO_2 , VE en VO_2/Hr na VO_{2lac} langer een inspanning kunnen aanhouden na het overschrijden van de anaërobe drempel. Een hogere lichaamslengte zorgt ook voor een grotere inspanningsreserve na de anaërobe drempel. Wanneer men een hogere anaërobe drempel (VO_{2lac}), toename van RER en VE/VO_2 vertoont na VO_{2lac} , gaat de inspanningsmarge tussen de anaërobe drempel en het piekniveau minder groot zijn.

REFERENTIES

1. Aldeam F., Irving R., Dilworth L. (2013). Overview of Lactate Metabolism and the Implications for Athletes. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 1.3: 42-46.
2. Atomi Y., Fukunaga T., Hatta H., Yamamoto Y. (1987). Relationship between lactate threshold during running and relative gastrocnemius area. *Journal of applied physiology respiratory environmental & exercise physiology*, 63(6): 2343-7.
3. Backx F. Sportkeuring. Deel V. Bohn Stafleu van Loghum. 2009. pp 367-370.
4. Beneke R., Leithäuser M., Ochentel R. (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6, 8-24.
5. Carro J., Navarro I., Romero P., Lorente R., Priego M., Martinez-Hervas S., Real J., Ascaso J. (2013). Metabolic effects of regular physical exercise in healthy population. *Endocrinologia y nutricion*, Volume 60, Issue 4, pg 167-172.
6. Chimen M., Kennedy A., Nirantharakumar K., Pang T., Andrews R., Narendran P. (2012). What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia*, 55(3):542-51. doi: 10.1007/s00125-011-2403-2.
7. Ciammola A., Sassone J., Sciacco M., Mencacci N., Ripolone M., Bizzi C., Colciago C., Moggio M., Parati G., Silani V., Malfatto G. (2011). Low anaerobic threshold and increased skeletal muscle lactate production in subjects with Huntington's disease. *Mov Disord*, 26(1):130-7. doi: 10.1002/mds.23258.
8. Dyrstad, S. M., Anderssen, S. A., Edvardsen, E. and Hansen, B. H. (2015). Cardiorespiratory fitness in groups with different physical activity levels. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, doi: 10.1111/sms.12425
9. Emhoff W., Messonnier A. Horning M., Fattor A., Carlson T., Brooks G. (2013). Direct and indirect lactate oxidation in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 115 no. 6, 829-838 DOI: 10.1152/jappphysiol.00538.2013
10. Green M., Hornsby G., Pritchett R., Pritchett K. (2014). Lactate threshold comparison between anaerobic vs aerobic athletes and untrained subjects. *International journal of exercise science*, Vol 7. Issue 4.

11. Ivy J., Withers R., Van Handel P., Elger D., Costill D. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of applied physiology respiratory environmental & exercise physiology*, 48(3): 523-7.
12. McArdle W., Katch F., Katch V. *Exercise physiology: nutrition, energie, and human performance*. Seventh edition. Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins. 2009. 1056 p.
13. Myers J., McAuley P., Lavie C., Despres JP., Arena R., Kokkinos P. (2015). Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Major Markers of Cardiovascular Risk: Their Independent and Interwoven Importance to Health Status. *Volume 57, Issue 4, Pages 306–314*. Doi: 10.1016/j.pcad.2014.09.011
14. Pennington C. (2015). The exercise effect on the anaerobic threshold in response to graded exercise. *International journal of health science*, Volume 1, Number 1, pp.225-234. DOI: 10.15640/ijhs.v3n1a14.
15. Rossi A., Dikareva A., Bacon S., Daskalopoulou S. (2012). The impact of physical activity on mortality in patients with high blood pressure: a systematic review. *Journal of hypertension*, Volume 30, Issue 7, pg 1277-1288.
16. Sakamaki-Sunaga M., Loenneke J., Thiebaud R., Abe T. (2012). Onset of blood accumulation and peak oxygen uptake during graded walking test combined with and without restricted leg blood flow. *Comparative exercise physiology*, 117-122.
17. Steinbeck, K. S. (2008), The importance of physical activity in the prevention of overweight and obesity in childhood: a review and an opinion. *Obesity Reviews*, 2: 117–130. doi: 10.1046/j.1467-789x.2001.00033.x.
18. Yoshida T., Chida M., Ichioka M., Suda Y. (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Volume 56, Issue 1, pp 7-11.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Determinanten voor tolerantie voor melkzuur accumulatie tijdens opklimmende inspanning bij elite en recreatieve atleten

Richting: **master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie-revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij musculoskeletale aandoeningen**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Allard, Michael