

Het omslagpunt bij de begeleiding van duursporters

A.R. HOOGEVEEN

Tijdens intensieve fysieke inspanning ontstaat een metabole acidose die gecompenseerd wordt door diverse buffersystemen. Gebaseerd op dit concept hebben vele onderzoekers de lactaat- en ventilatoire respons tijdens inspanning onderzocht om parameters te verkrijgen voor het prestatievermogen, trainingseffecten en trainingsbegeleiding. Bij toenemende verzuring kan de sporter de intensiteit van de inspanning niet lang volhouden. Dit punt wordt omslagpunt genoemd. Het omslagpunt kan worden bepaald met behulp van lactaatmetingen en ventilatiemetingen. Het omslagpunt wordt gedefinieerd bij een bepaalde inspanning (hartfrequentie), waarbij de lactaatconcentratie niet verder stijgt bij gelijkblijvende lichamelijke inspanning. Het omslagpunt wordt gebruikt om trainingsadviezen te geven aan sporters en patiënten. Kennis van het omslagpunt in de sport is met name belangrijk bij duursporten.

Trefwoorden: lactaatcurve; omslagpunt; hartfrequentie; anaërobe glycolyse

In de sportmedische begeleiding is de bepaling van het omslagpunt de laatste decennia erg populair geweest bij de begeleiding van (top)atleten. Het omslagpunt wordt met behulp van lactaatmetingen of oxymetrie tijdens inspanning bepaald (1-3). In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de huidige inzichten in het omslagpunt en de methoden om het omslagpunt te bepalen. Tevens wordt ingegaan op de waarde van deze metingen in de hedendaagse sportmedische praktijk, inspanningsfysiologie en trainingsbegeleiding.

Pathofysiologie van het omslagpunt

De betekenis van ATP voor de spiercontractie, de rol van creatinefosfaat, de anaërobe glycolyse en de aërobe verbranding van glycogeen en vetzuren zijn uitvoerig beschreven (4, 5). Wanneer de aërobe verbranding van glucose tot kooldioxide en water tekort schiet zal de anaërobe glycolyse ATP moeten leveren, hetgeen gepaard gaat met de vorming van lactaat. De zuurstofvoorziening en de energietoevoer van een

spier moet toenemen om een prestatie langer vol te houden. Ofschoon de maximale zuurstofopname vroeger als belangrijke parameter gold voor de conditie, was toen al bekend dat de inspanning met een maximale zuurstofopname slechts enkele minuten kon worden volgehouden en gepaard ging met een toenemende lactaat-acidose.

In de Duitse sportfysiologie werd eind jaren vijftig van de vorige eeuw door Hollmann (5) de term 'Sauerstoffdauerleistungsgrenze' gehanteerd. Bij inspanningen rond deze grens zou de lactaatconcentratie zich stabiliseren tussen de 2 en 6 mmol/l. Er is bij deze inspanning wel enige anaërobe arbeid in sommige spiervezels, met vorming van lactaat, maar er is blijkbaar ook een klaring van lactaat. Bij inspanningen onder deze grens keert de lactaatconcentratie, na een aanvankelijke stijging, terug naar de uitgangswaarde. Inspanningen boven deze grens leiden tot een progressief stijgende lactaatconcentratie. Inspanningen rond dit omslagpunt kunnen relatief lang (tot 60 min) worden volgehouden. Het inspannende lichaam bereikt dan een 'steady state'. Een iets zwaardere inspanning, boven dit omslagpunt, moet gestaakt worden of verminderd. De sporter 'verzuurt' en kan de intensiteit van de inspanning niet lang volhouden. In latere jaren werden ook in Amerika en Europa de Duitse inzichten in de sportfysiologie populair. Er volgden vele onderzoeken, de benamingen (an-)aërobe drempel, lactaatdrempel, verzuringsgrens, 'anaerobic threshold' en maximale lactaat-'steady state' werden geïntroduceerd (1, 4, 6, 7). Het is opvallend dat in de verschillende onderzoeken naar deze drempel (2, 3, 7-10), uitgegaan wordt van verschillende protocollen en definities. Verder zijn er grote verschillen in theoretische achtergronden. Behalve de voor de hand liggende hypothese van zuurstoftekort op het niveau van de spiercel, wordt in de literatuur gewezen op de mogelijkheid van het tekortschieten van de enzymsystemen in de mitochondriën. Sommige fysiologen menen dat een tekort in de lactaatklaring een rol zou kunnen spelen bij de stijging van de lactaatconcentratie. Een verminderde doorbloeding van de lever tijdens inspanning zou hier de oorzaak van zijn. Ondanks deze verschillende uitgangspunten blijkt het, dat de meeste onderzoekers de grens leggen bij een inspanning, die 40 tot 60 min kan worden volgehouden. Dit komt overeen met de allereerste publicaties van Hollmann (5). Sinds de eerste publicaties zijn de inzichten wat betreft de

Maxima Medisch Centrum, Veldhoven

Correspondentie: dr. A.R. Hoogveen, MMC Veldhoven, Postbus 7777, 5500 MB Veldhoven
E-mail: a.hoogveen@mmc.nl

anaërobe drempel nauwelijks veranderd. De laatste jaren wordt het omslagpunt door verschillende auteurs beschreven als maat voor de conditie. Op basis van de hartfrequentie bij het omslagpunt worden al jaren trainingsadviezen gegeven aan duursporters van verschillende disciplines als hardlopen, wielrennen, roeien, zwemmen en langlaufen.

Bepaling van het omslagpunt: de lactaatcurve

Diverse methoden en maatstaven zijn beschreven om het omslagpunt te bepalen. In de eerste Duitse publicaties gaven onderzoekers aan dat het omslagpunt samenvalt met een non-lineaire toename van het ademminuutvolume (5). Tevens werd er een relatie gelegd tussen een non-lineaire kooldioxidestijging en een stijging van het respiratoire quotiënt. De metingen van het omslagpunt waren dan ook afgeleid van de ventilatie. De progressieve stijging van de ademfrequentie zou het gevolg zijn van de metabole acidose, die gecompenseerd wordt door een daling van het kooldioxide dat via een toegenomen ventilatie uit het bloed wordt verwijderd. Zeker is dit allerm minst; onderzoek bij patiënten met de ziekte van McArdle, waarbij geen lactatacidose tijdens inspanning ontstaat door een fosforylasedeficiëntie, liet ook bij deze patiënten een progressieve toename van de ademfrequentie zien (10). Er is blijkbaar nog een andere, onbekende factor, die de ademversnelling veroorzaakt. Eenvoudiger maar nog onnauwkeuriger is het om de renner tijdens de test te observeren en vast te stellen bij welke belasting en hartfrequentie hij gaat hijgen. Dit zogenaamde 'hijgpunt' zou het gezochte omslagpunt zijn. De laatste jaren wordt deze ventilatoire drempel, bepaald tijdens spiro-ergometrie, weer gebruikt als maat voor het omslagpunt bij de training van sporters, maar ook van patiënten met een cardiale of pulmonale beperking. Het betreft hierbij een non-invasieve methode die minder tijd kost en minder belastend is voor de proefpersoon.

Conconi (1), begeleider van ex-topwielrenner Francesco Moser, introduceerde het begrip 'heart break point'. Bij een opklimmende belasting stijgt de hartfrequentie aanvankelijk lineair om vervolgens af te buigen en langzaam naar de maximale hartfrequentie te stijgen. Dit buigpunt, of 'heart break point', zou samenvallen met het omslagpunt. Het voordeel van deze meting is dat het hier gaat om een vrij eenvoudige methode, die niet ingrijpend is voor de sporter. Evaluatie van dit buigpunt door diverse onderzoekers laat slechts in een deel van de gevallen een buigpunt zien (8).

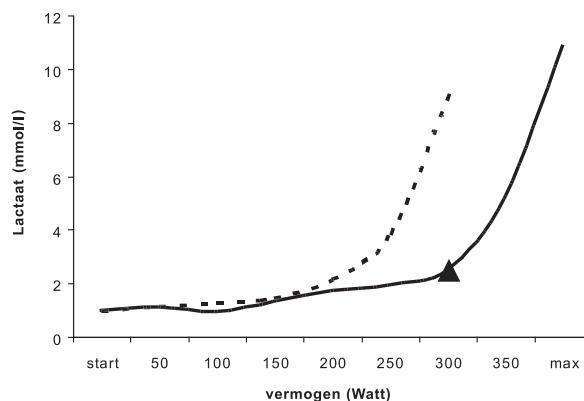
Lactaatmetingen worden al jaren door vele auteurs gepropageerd om het omslagpunt te bepalen. Via een intraveneuze canule of een capillair wordt gedurende een inspanning met een opklimmende belasting een opeenvolgende serie bloedmonsters afgenomen, waarin de lactaatconcentratie wordt bepaald. De lactaatconcentraties en de bijbehorende hartfrequentie worden in een grafiek uitgezet en vormen de zogenaamde lactaatcurve (figuur 1). Bij iedere lactaatconcentratie hoort een bepaalde hartfrequentie. Het punt waar de lactaatconcentratie exponentieel stijgt komt overeen met het omslagpunt en wordt lactaatrempel genoemd.

Het aardige is dat een atleet ieder deel van de lactaatcurve kan trainen door met de bijbehorende hartfrequentie trainingseenheden uit te voeren. Naarmate de atleet beter getraind raakt zal de curve naar rechts verschuiven waardoor de sporter pas bij een hogere belasting zijn omslagpunt zal bereiken. De inspanning kan dan op een hoger niveau, gedurende een langere tijd worden volgehouden. Een voorwaarde voor het maken van een goede lactaatcurve is dat de betreffende renner de dag voor de test niet te intensief traint en de dagen voor de test genoeg koolhydraten tot zich neemt. Als er weinig glycogeen in de spieren is zal er nauwelijks sprake kunnen zijn van lactaatvorming. De energielevering zal dan voornamelijk op de verbranding van vetzuren berusten. De curve zal dan een nauwelijks stijgende lactaatconcentratie laten zien en de maximale belasting zal onder het normale niveau liggen.

Een andere nauwkeurige methode om het omslagpunt te bepalen zijn de zogenaamde veldtesten. Men laat hierbij een atleet een periode van 20 tot 40 min zo snel mogelijk fietsen of lopen. Met behulp van een hartslagmeter kan de hartfrequentie worden geregistreerd. Deze hartfrequentie zal ongeveer rond het omslagpunt liggen. Omdat een veldtest in de buitenlucht wordt uitgevoerd, levert deze met het verkeer en de sterk wisselende weersomstandigheden nogal problemen op. Een ervaren renner, met enige kennis van zaken, kan met behulp van deze methode toch vrij nauwkeurig zijn eigen omslagpunt bepalen. Een variant hierop in het laboratorium is om op verschillende dagen een steady-state-belasting op te leggen en die dagelijks te verhogen. De belasting die lang kan worden volgehouden komt dan overeen met het omslagpunt en de lactaatwaarde daarbij met de zogenaamde maximale lactaat-steady-state. Deze methode is erg arbeidsintensief en de meeste beroepssporters hebben hier geen tijd voor.

Interpretatie van de lactaatcurve

De verschillende protocollen voor een lactaattest wisselen sterk in de diverse onderzoeken (2, 6, 8, 10, 11). Algemeen neemt men aan dat een vaste hartfrequentie is ingesteld bij een bepaalde belasting na 3 tot 6 minuten. De lactaatconcentratie van het omslagpunt is een van de hete hangijzers in de sportfysiologie.



Figuur 1. Typisch voorbeeld van een lactaatcurve voor (---) en na training (—). Het omslagpunt wordt aangegeven in de grafiek met een driehoekje.

Getallen van 2 en 4 mmol/l worden genoemd, terwijl andere sportfysiologen beweren dat het omslagpunt zich bevindt bij het punt waar de lactaatconcentratie de basislijn met 1 mmol/l overschrijdt (3). In het vroegere Oost-Duitsland hanteerde men de waarde van 3 mmol/l als omslagpunt. Verder is de lactaatconcentratie ook afhankelijk van waar en hoe het bloedmonster wordt afgenomen. Al deze definities zijn echter op empirische gronden of op gemiddelden gebaseerd. Enkele auteurs geven aan dat bij goed getrainde de lactaatconcentratie veel lager ligt dan bij ongetrainde (2, 3, 9). Algemeen wordt aangenomen dat het omslagpunt ligt bij die inspanning (hartfrequentie) waarbij de lactaatconcentratie bij een gelijkblijvende belasting niet verder stijgt. Dit komt ongeveer overeen met de 'knik' in de lactaatcurve. Deze 'omslagknik' wordt duidelijker naarmate de belastingsduur van het gevolgde protocol langer is en naarmate men een duidelijke rustwaarde heeft.

Latere onderzoeken tonen aan dat extreem getrainde duursporters zeer hoge lactaatwaarden (gemiddeld rond de 8 mmol/l) een uur kunnen volhouden (12, 13).

Trainingsadviezen met behulp van het omslagpunt

Aan de hand van het omslagpunt en het profiel van de lactaatcurve worden trainingsadviezen gegeven (2). De sporter moet dan wel trainen met een hartslagmeter. Rustige trainingen zullen met een hartslag onder het omslagpunt moeten worden uitgevoerd. Hierbij zal met name het aërobe vermogen worden getraind. Inspanningen met een hartslag boven het omslagpunt kunnen slechts korte tijd worden volgehouden. Deze inspanningen kunnen worden getraind door het herhalen van de inspanning na een korte rustperiode; de zogenaamde intervaltraining (2, 4).

Van belang bij het geven van trainingsadviezen is dat deze specifiek gericht zijn op de wensen van de atleet. Kennis van het omslagpunt bij hardlopers of triatleten is bijvoorbeeld van groter belang dan bij een amateurwielrenner. Tevens ligt de hartfrequentie tijdens lopen wat hoger dan tijdens fietsen (4).

De wedstrijd van een hardloper of triatleet bestaat uit een inspanning waarbij de hartfrequentie voortdurend rond dezelfde waarde ligt, afhankelijk van de duur van de inspanning, rond en bij langere wedstrijden iets onder het omslagpunt. Bij deze sportdisciplines zal de atleet tijdens de wedstrijd kunnen profiteren van de wetenschap van zijn omslagpunt. Een wielervedstrijd bestaat meestal uit een aaneenschakeling van rustige en zeer intensieve intervallen, waarbij de hartfrequentie vaak tot maximaal oploopt. De lactaatconcentraties zullen hierbij tijdelijk hoog oplopen en de atleet die deze lactaatstijging het best kan verdragen maakt kans om succes te hebben. Bij de topamateurwielrenners en beroepswielrenners waarbij de wedstrijden veel langer zijn, verloopt het eerste gedeelte van een ééndagswedstrijd meestal relatief rustig, waarbij de energievoorziening aëroob geleverd wordt. Het laatste gedeelte van de wedstrijd bestaat weer uit zeer intensieve anaërobe intervallen. Kennis van het omslagpunt bij deze wedstrijdvormen kan in de voorbereiding van een nieuw seizoen nuttig zijn maar moet zeker niet overschat worden. Bruikbaar is

het omslagpunt om te voorkomen dat er met een te lage intensiteit wordt getraind. Tevens kunnen aan de hand van de lactaatcurve verbeteringen in de conditie worden gemeten. Tijdens het wedstrijdseizoen vormen de wedstrijden zelf de beste training. Bij een overvol wedstrijdprogramma zal de nadruk tijdens de trainingen moeten liggen op herstel. De training van topwielrenners en toptriatleten is daarom in het wedstrijdseizoen moeilijk te sturen.

Bij het zogenaamde tijdrijden en het bergopwaarts fietsen is het mogelijk om met kennis van het omslagpunt betere resultaten te bereiken. Dit tijdrijden is een discipline waarbij een wielrenner individueel zo snel mogelijk een bepaalde afstand moet afleggen. Het vormt samen met bergopwaarts fietsen de belangrijkste wedstrijdvorm in de beroepswielersport en de triatlonsport. De inspanning bij deze wedstrijdvorm zal met een intensiteit verlopen die rond of iets onder het omslagpunt ligt. Kennis van dit omslagpunt tijdens een tijdrit kan voorkomen dat te snel of te langzaam wordt gestart. Het is mogelijk dat atleten die uitblinken in het tijdrijden zo goed kunnen tijdrijden omdat zij heel goed aanvoelen waar het omslagpunt zich bevindt. Het is tevens de vraag of deze renners dan profijt hebben van kennis van het omslagpunt. Interessant is hierbij de visie van twee vooraanstaande inspanningsfysiologen, Astrand en Rodahl (4), dat het bepalen van het omslagpunt zinloos is omdat iedere getrainde atleet dit punt zelf goed aanvoelt. Atleten die matig kunnen tijdrijden maar dit willen verbeteren zullen het meest hebben aan het bepalen van een omslagpunt. Hier kan men zich overigens ook afvragen of de mindere capaciteit in het tijdrijden niet wordt veroorzaakt door een (relatief) gering vermogen en niet doordat de atleet zijn omslagpunt niet goed aanvoelt. Een andere oorzaak van het mindere tijdrijden kan bijvoorbeeld een relatief groot lichaamsoppervlak zijn of een ongunstige vormweerstand, waardoor de luchtweerstand te groot is (4).

Een andere groep wielrenners die met behulp van het omslagpunt tijdens de wedstrijd zijn te begeleiden zijn de renners die minder klimcapaciteiten hebben. Deze renners kunnen tijdens meerdaagse etappewedstrijden, tijdens een klimkoers, moeite hebben om binnen de tijdlimiet te finishen. Deze renners kunnen profiteren van het omslagpunt door iedere beklimming het omslagpunt niet te overschrijden zodat zij zich in de beginfase van de wedstrijd niet forceren om een betere klimmer bij te houden.

Bij de advisering en begeleiding dient men te beseffen dat de hartfrequentie door vermoeidheid of stress nogal kan schommelen. Verder moet men rekenen met het oplopen van de hartfrequentie tijdens inspanning door vochtverlies en stijging van de lichaamstemperatuur (4). De atleet zal zijn eigen ervaring moeten combineren met de theoretische trainingsadviezen.

Tot slot moet worden opgemerkt dat lactaatmeting voor zowel topsporters als begeleiders beladen is met een waas van magie. Het vertrouwen in zichzelf en de medische begeleiding is snel gekrenkt bij relativerende opmerkingen over jarenlange gebruiken. Men dient hier terdege rekening te houden bij de begeleiding van topatleten.

Bespreking

In de huidige sportfysiologie wordt het omslagpunt gebruikt om de training bij sporters en patiënten aan te sturen. Lactaatmetingen en oxymetrie tijdens inspanning zijn de meest gebruikte methoden. De interpretatie van lactaatmetingen is niet makkelijk en wordt door diverse auteurs op verschillende manieren beschreven. Gezien het feit dat uit recent onderzoek blijkt dat atleten hogere lactaatwaarden lang kunnen volhouden, kan een nieuwe discussie gevoerd worden over de rol van lactaat (12, 13). Lactaat bewerkstelligt namelijk een verschuiving van de zuurstofdissociatiecurve en dilatatie van arteriolen, beide fenomenen resulteren in een hogere zuurstofopname in de spier. Lactaat zou dan een gunstigere rol spelen bij een inspanning dan algemeen wordt aangenomen (14, 15).

Kennis van het omslagpunt is met name nuttig bij duursporten waarbij de wedstrijd een intensiteit heeft die rond of onder het omslagpunt ligt. Bij wielrennen is de intensiteit meestal sterk wisselend en van een 'steady state' is dus geen sprake. In de praktijk moet het nut van het omslagpunt en de lactaatcurve niet overschat worden. Kennis van het omslagpunt tijdens een wedstrijd heeft het meeste zin bij triatleten, hardlopers en de disciplines tijdrijden en klimmen bij wielrenners. De training in het wedstrijdseizoen wordt bepaald door wedstrijden met daartussen meestal trainingen die gericht zijn op herstel of duurvermogen. Met de huidige kennis en inzichten in de fysiologie blijft het nog onmogelijk om een wielrenner zo te programmeren dat er grote successen worden geboekt. Succes valt en staat in de wielersport met de combinatie van uitzonderlijk talent, ijzeren wilskracht en intelligentie. De medische begeleiding kan successen met adviezen slechts een klein deel sturen. Wat dit betreft zijn successen makkelijker te behalen bij patiënten die op basis van het omslagpunt worden getraind.

Literatuur

1. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive fieldtest in runners. *J Appl Physiol* 1982; 52: 869-873.
2. Janssen GJM. Training, melkzuur en hartfrequentie. Haarlem: De Vrieseborch, 1987.
3. Yoshida T. Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur J Appl Physiol* 1987; 56: 7-11.

4. Astrand PO, Rodahl K. *Textbook of Workphysiology*. New York: McGraw-Hill Book Co, 1986.
5. Hollmann W. Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit. *Fortschr Med* 1961; 79: 439-453.
6. Davis JA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17: 6-18.
7. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Card* 1964; 14: 844-852.
8. Berkum R van, et al. De anaerobe drempel nader belicht. *Geneeskunde en sport* 1989; 5: 119-121.
9. Fohrenbach R, Mader A, Holman W. Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int J Sports Med* 1987; 8: 11-18.
10. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17: 22.
11. Kuipers H, Keizer HA, Vries T de, Rijnthoven P van, Wijts M. Comparison of heart rate as a non invasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. *Eur J Appl Physiol* 1988; 58: 303-306.
12. Hoozeveen AR, Schep G. The plasma lactate response to exercise and endurance performance. Relationships in elite triathletes. *Int J Sports Med* 1997; 18: 526-529.
13. Hoozeveen AR, Hoogsteen J, Schep G. The maximal lactate steady state in elite endurance athletes. *Jap J of Physiol* 1997; 47: 481-485.
14. Brooks GA. The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18: 360-368.
15. Brooks GA. Current concepts in lactate exchange. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23: 895-906.

Summary

The anaerobic threshold and its significance in training management. Hoozeveen AR. Ned Tijdschr Klin Chem Labgeneesk 2006; 31: 15-18.

During prolonged high-intensity exercise, a metabolic acidosis occurs which is compensated by several buffering systems and by the ventilatory system. Based on this concept, many authors attempted to investigate the ventilatory and lactate response to exercise in order to measure the ability of prolonged high-intensity exercise. During intensive physical exercise, lactate will be produced due to the anaerobic glycolysis which may lead to a metabolic acidosis. During a state of acidosis sportsmen cannot sustain the intensity of this physical stress. The upper limit is called the anaerobic threshold. The measurements of lactate and oxymetry are commonly used methods to assess the anaerobic threshold. This threshold provides additional training advices to sportsmen and patients. Knowledge of this threshold value may be of importance particularly in endurance sports.