

# Porovnání aktuálních metodik identifikace funkčních a anaerobních prahů na bicyklovém ergometru u triatlonistů

## Comparison of current methodics for functional and anaerobic threshold identification on a bicycle ergometer by triathletes

Lenka Kovářová, Martin Berka, David Pánek

Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze

### Abstrakt

Cílem práce bylo porovnat aktuálně využívané metodiky identifikace funkčních a anaerobních prahů prováděných na bicyklovém ergometru u triatlonistů. Výzkumný soubor tvořili výkonnostní triatlonisté (muži), pravidelní účastníci českého poháru v triatlonu ( $n = 10$ , věk  $35,89 \pm 7,94$  roku, tělesná výška  $181,83 \pm 6,52$  cm, tělesná hmotnost  $80,65 \pm 6,53$  kg). V rámci studie jsme porovnávali metodiku hodnocení pomocí laktátové křivky, pomocí respiračních parametrů, teoretickým výpočtem, motorickým testem a Conconi test. Pro statistické zpracování dat jsme použili metodu analýzy rozptylu s opakovaným měřením, pro hodnocení významnosti rozdílů mezi jednotlivými testy pak metodu párového porovnání (Bonferroni test). Hodnocené metodiky vykazují statisticky významné rozdíly ( $p = 0,000$ ). Výrazně vyšších hodnot je dosaženo v Conconi testu ( $173 \pm 14,2$  tepů/min;  $313 \pm 74,8$  W). Při párovém porovnání jednotlivých metodik nacházíme rozdíly mezi laktátovým a Conconi testem v hodnotách SF ( $p = 0,037$ ) stejně jako rozdíl SF mezi laktátovým testem a teoretickým výpočtem ( $p = 0,039$ ). Nejvíce statistických odchylek při hodnocení dosažených wattů nacházíme opět v souvislosti s Conconi testem (time trial:  $p = 0,039$ ; laktátový test:  $p = 0,013$ ; spiroergometrie:  $p = 0,041$ ).

### Abstract

The aim of the study was to compare the currently methodics for identification functional and anaerobic thresholds on a bicycle ergometer by triathletes. The sample included triathletes (men), regular participants in the Czech triathlon cup ( $n = 10$ , age  $35.89 \pm 7.94$  years, body height  $181.83 \pm 6.52$  cm, weight  $80.65 \pm 6.53$  kg). In the study, we compared the evaluation methodics using lactate curve, respiratory parameters, theoretical calculation, motor test and Conconi test. For statistical data processing we used the Repeated Measures, for evaluating the significance of differences between each test method then pairwise comparison (Bonferroni test). Results showed statistically significant differences ( $p = 0.000$ ). Significantly higher values are reached in Conconi test ( $173 \pm 14.2$  beats.min<sup>-1</sup>,  $313 \pm 74.8$  W). In pairwise comparison of methodics are differences between lactate and Conconi test in HR values ( $p = 0.037$ ) as well as the difference between HR lactate test and theoretical calculation ( $p = 0.039$ ). Most statistical variations in the watts evaluation is found again in connection with Conconi test (time trial:  $p = 0.039$ ; lactate test:  $p = 0.013$ ; spiroergometry:  $p = 0.041$ ).

**Klíčová slova:** diagnostika, vytrvalost, triatlon, trénink.

**Key words:** diagnostics, endurance, triathlon, training.

Tento článek vznikl za podpory GAČR 13-07776P a v rámci programu rozvoje vědního oboru UK FTVS č. 39 Společenskovědní aspekty zkoumání lidského pohybu.

## ÚVOD

Identifikace anaerobního prahu (ANP) je jak nezbytným prediktorem výkonu při výběru talentů, tak jeden z nejdůležitějších nástrojů při řízení intenzity zatížení v tréninku. Costill (1970) charakterizuje ANP jako maximální intenzitu konstantního zatížení, při které je ještě v rovnováze tvorba a utilizace krevního laktátu (LA). Tento práh porušení dynamické rovnováhy a nezkompensovaného vzestupu koncentrace LA v krvi lze zjišťovat v zásadě dvěma způsoby: invazivně, na základě změn koncentrace laktátu v krvi při stoupajícím zatížení (Bunc, Šprýnarová, Heller, & Zdanowicz, 1984; Brooks, 1985), nebo neinvazivně na základě změn respiračních parametrů nebo srdeční frekvence v závislosti na stoupajícím zatížení nebo spotřebě kyslíku, popřípadě jejich vzájemných změn při stoupajícím zatížení, nebo využitím nelineárních změn integrovaného elektromyogramu, případně využitím vhodně zvoleného motorického testu (Bachl, Reiterer, Prokop, & Czitober, 1978; Bunc, 1989).

Rozhodující roli při všech přístupech stanovení ANP má způsob zatěžování tj. intenzita a doba trvání jednotlivých zatížení. Významná je i použitá metoda stanovení ANP a parametry, které byly pro stanovení vybrány. Mluvíme proto o tzv. laktátovém nebo např. ventilačním prahu.

Ve sportovní praxi se v minulosti používalo nejčastěji stanovení ANP na hladině LA 4 mmol.l<sup>-1</sup>, v současnosti převládá metodika stanovení individuálního anaerobního prahu. Úroveň anaerobního prahu je dle Grasgrubera a Cacka (2008) ovlivněna několika faktory: vysokým podílem pomalých vláken, svalovým prokrvením, počtem a velikostí mitochondrií, aktivitou oxidačních enzymů v mitochondriích a schopností distribuovat pracovní výkon na větší množství svalstva. Pro dlouhodobý vytrvalostní výkon je důležitější než aktuální rychlost pohybu na ANP doba, po kterou je sportovec schopen se na uvedené intenzitě pohybovat, tedy jeho kapacita na úrovni ANP. Tento ukazatel je důležitou informací o stavu trénovanosti sportovce. Schopnost dlouhodobě vykonávat pohyb na takto vysoké intenzitě je pro vytrvalostní trénink klíčová a její rozvoj zásadní pro zlepšení výkonu sportovce.

Posuzováním úrovně ANP jako jednoho z limitujících ukazatelů vytrvalostního výkonu na příkladu triatlonu se zabývala v minulosti již řada výzkumů (např. O'Toole, Douglas, & Hiller, 1989; Schneider, Lacroix, Atkinson, Troped, & Pollack, 1990; Zhou, Robson, King, & Davie, 1997; Hue, Le Gallais, Chollet, Boussana, & Prefaut, 2000; Schabort, Killian, St Clair Gibson, Hawley, & Noakes 2000; Bentley, Millet, Vleck, & Mcnaughton, 2002; Millet, Dreano, & Bentley, 2003, Van Schuylenbergh, Vanden, & Hespel, 2004), šlo však spíše o výzkumy analyzující vztah mezi výkonem na ANP a výkonem v závodech, popř. výkonem na ANP a vybraným motorickým testem realizovaným v terénu nebo laboratoři.

V současné době se ve sportovním prostředí používá několik základních metodik identifikace anaerobního, resp. funkčního prahu. Kromě metodik vycházejících z respiračních parametrů a koncentrace LA v krvi, jde o tzv. Conconi test (Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti, & Codeca, 1982). V tomto případě se však nejedná o anaerobní práh, ale o tzv. práh cirkulační.

Ve výkonnostní a vrcholové cyklistice se nově používá motorický test – časovka v délce trvání 20 minut. Jako hodnota dosaženého prahového výkonu je uvažováno 95% z dosaženého průměrného maximálního výkonu (Allen, 2002). Zde v pravém slova smyslu také nejde o práh anaerobní (nehledáme bod zlomu), ale o stanovení funkčního prahového výkonu (FPV).

V nesportující populaci je stále ještě velmi populární stanovení ANP pomocí výpočtu – odhadu z hodnot maximální SF; srdeční frekvence na úrovni anaerobního prahu u vytrvalostně trénovaných sportovců leží v pásmu 88–93% maximální SF. V praxi se proto používá pro stanovení SF na úrovni anaerobního prahu hodnota 90% maximální SF (Formánek, Horčic, 2004).

V současné době je tedy pro identifikaci prahových hodnot možno použít několik velmi odlišných metodik. Otázkou zůstává, zda se jejich výsledky budou statisticky lišit, popř. u kterých z nich.

Cílem práce je tedy porovnat v praxi aktuálně nejčastěji používané nepřímé metody stanovení funkčních a anaerobních prahů prováděných na bicyklovém ergometru, který se v diagnostice vytrvalostních sportovců využívá nejčastěji.

## METODIKA

### Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořili výkonnostní triatlonisté (muži), pravidelní účastníci českého poháru v triatlonu (n = 10, věk  $35,89 \pm 7,94$ , tělesná výška  $181,83 \pm 6,52$  cm, tělesná hmotnost  $80,65 \pm 6,53$  kg).

### Výzkumné nástroje

V rámci studie jsme ověřovali tyto metodiky:

#### 1. Spiroergometrie, metoda V-slope

Test byl proveden do vita maxima. Intenzita zatížení (výkon) v prvním úseku byla stanovena výpočtem.

$$\text{Výkon (W)} = \text{hmotnost probanda (kg)} * 2 \quad [1]$$

Každou započatou minutu bylo zatížení navýšeno o 20 W. Průběžně byl registrován nárůst srdeční frekvence i ventilačně-respiračních ukazatelů (minutové ventilace, dechové frekvence, spotřeba kyslíku, poměr respirační výměny RER). Pro stanovení ANP jsme použili V-slope metodu, která vychází ze vztahu  $VCO_2$  a  $VO_2$ . V rámci studie jsme využili ergometr Excalibur Sport (Lode) a analyzátor plynů Metalyzer (Cortex). Povodní naměřené spirometrické hodnoty dech po dechu byly zprůměrovány v dvaceti sekundových intervalech.

#### 2. Laktátový stupňovaný test

Intenzita zatížení v prvním úseku byla stanovena výpočtem.

$$\text{Výkon (W)} = \text{hmotnost probanda (kg)} * 2 \quad [1]$$

Délka každého úseku byla 4 minuty, intenzita zatížení se stupňovala o 30 W na počátku dalšího započatého úseku. Krev pro stanovení hodnoty LA byla odebírána z ušního lalůčku na konci každého absolvovaného úseku, těsně před tím byla odečtena aktuální SF. Počet úseků se pohyboval na základě výkonnosti probandů mezi 5–7. Pro diagnostiku ANP jsme využili metodu Free Freiburg (Simon) threshold, tj. stanovení ANP v bodu strmého nárůstu laktátu. Bod byl stanoven jako průměrná hodnota laktátu prvních úseků, jejichž vzájemný rozdíl není vyšší než 0,5 mmol/l, +1,5 mmol/l.

#### 3. Conconi test

Test byl proveden paralelně se spiroergometrickým stupňovaným testem. Po celou dobu testu byla zaznamenávána SF. Záznam srdeční frekvence byl následně zpracován pomocí softwaru Polar pro identifikaci cirkulačního prahu pomocí Conconi testu. Práh byl stanoven v místě porušení linearity nárůstu SF během testu.

#### 4. Time trail test – stanovení funkčního prahového výkonu (FPV)

Méně známý test používaný především cyklisty. Zadáním testu je absolvovat dvaceti minutový úsek s co nejvyšším průměrným výkonem (W). Jako hodnota dosaženého funkčního prahového výkonu je pak bráno 95% z naměřených průměrných hodnot.  $SF_{FTP}$  je stanovena rovněž na 95% z naměřených průměrných hodnot (Allen, 2002).

#### 5. Stanovení ANP teoretickým výpočtem

Pro teoretický výpočet jsme použili následující vzorec (Formánek, Horčic, 2004):

$$SF_{anp} = 0,9 \times (220 - \text{věk probanda}) \quad [2]$$

Každému testu předcházelo standardní rozcvičení sportovce (5 min) při intenzitě [3] a následně (5 min) při intenzitě [4].

$$\text{Výkon (W)} = \text{hmotnost probanda (kg)} * 1,5 \quad [3]$$

$$\text{Výkon (W)} = \text{hmotnost probanda (kg)} * 2 \quad [4]$$

Po rozcvičení následovala pauza několik minut. Testování metodik proběhlo vždy s týdenním odstupem mezi jednotlivými měřeními. Interval mezi testováním byl zvolen jako doba, během které dojde k úplné regeneraci organismu, zároveň však nedojde k výkonnostním změnám probandů, způsobených např. tréninkem. Testování bylo provedeno na přelomu ledna a února, tedy v době, kdy není cyklistika v tréninku příliš akcentována, čímž bylo toto riziko rovněž sníženo. U každého testu jsme posuzovali jak prahovou hodnotu SF, dále pak výkon odpovídající této intenzitě. Pořadí testů každého probanda bylo randomizováno. Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod číslem 0198/2013.s

### Statistické zpracování dat

Vzhledem k charakteristice dat jsme pro statistické zpracování použili metodu analýzy rozptylu s opakováním měření, pro hodnocení významnosti rozdílů mezi jednotlivými testy pak metodu post hoc testu (Bonferroni test). Pro analýzu dat jsme použili software IBM SPSS Statistics 22. Statistickou významnost jsme stanovili na hladině 0,05.

## VÝSLEDKY

V Tabulce 1 uvádíme základní charakteristiky hodnocených parametrů (průměr, SD) u jednotlivých metodik.

**Tab. 1:** Základní charakteristika analyzovaných parametrů (SF, W) u jednotlivých metodik

	SF		W	
	průměr	SD	průměr	SD
Time trial	162	11,4	234	26,8
Laktátový test	157	6,4	235	27,0
Spiroergometrický test	156	11,0	233	26,5
Conconi test	173	14,2	313	74,8
Teoretický výpočet	165	6,9	NM	NM

Z výsledků je zřejmé, že výrazně vyšších hodnot (jak SF, tak W) je dosaženo v Conconi testu. V tomto testu je zároveň nejvyšší SD, což ukazuje na velké variační rozpětí dosažených výsledků jednotlivých probandů. Tabulka 2 pak dokazuje i statisticky významné rozdíly mezi výsledky v jednotlivých testech a potvrzuje, že všechny metodiky nelze považovat za zaměnitelné.

**Tab. 2:** Testy meziskupinového efektu

Source:	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
<b>SF</b>						
Intercept	1321612,820	1	1321612,820	5734,563	,000	,998
Error	2074,180	9	230,464			
<b>W</b>						
Intercept	2575562,500	1	2575562,500	658,609	,000	,987
Error	35195,500	9	3910,611			

V Tabulce 3 nalezneme párové srovnání výsledků SF u jednotlivých metodik hodnocených pomocí Bonferroniho testu.

**Tab. 3:** Výsledky párového porovnání hodnot SF mezi jednotlivými metodikami

SF		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
Time trial	Laktátový test	4,400	2,688	1,000	-5,519	14,319
	Spiroergometrie	5,700	3,765	1,000	-8,193	19,593
	Conconi test	-11,600	5,005	,457	-30,066	6,866
	Teoretický výpočet	-3,900	2,447	1,000	-12,929	5,129
Laktátový test	Time trial	-4,400	2,688	1,000	-14,319	5,519
	Spiroergometrie	1,300	4,485	1,000	-15,247	17,847
	Conconi test	-16,000	4,126	,037	-31,223	-,777
	Teoretický výpočet	-8,300	2,155	,039	-16,253	-,347
Spiroergometrie	Time trial	-5,700	3,765	1,000	-19,593	8,193
	Laktátový test	-1,300	4,485	1,000	-17,847	15,247
	Conconi test	-17,300	5,371	,105	-37,116	2,516
	Teoretický výpočet	-9,600	3,612	,261	-22,928	3,728
Conconi test	Time trial	11,600	5,005	,457	-6,866	30,066
	Laktátový test	16,000	4,126	,037	-,777	31,223
	Spiroergometrie	17,300	5,371	,105	-2,516	37,116
	Teoretický výpočet	7,700	4,546	1,000	-9,074	24,474
Teoretický výpočet	Time trial	3,900	2,447	1,000	-5,129	12,929
	Laktátový test	8,300	2,155	,039	-,347	16,253
	Spiroergometrie	9,600	3,612	,261	-3,728	22,928
	Conconi test	-7,700	4,546	1,000	-24,474	9,074

b. Adjustovaná vícenásobná komparace: Bonferroni

Z výsledků vidíme statisticky významně odlišné hodnoty mezi testem laktátovým a Conconi ( $p = 0,037$ ) a stanovením SF pomocí teoretického výpočtu ( $p = 0,039$ ). Mezi hodnotami SF dosaženými u ostatních metodik se statisticky významné rozdíly neprokázaly.

Pokud budeme hodnotit výsledky dosažených prahových hodnot wattů v jednotlivých metodikách (Tabulka 4), pak nacházíme opět nejvíce statistických odchylek v souvislosti s Conconi testem (time trial:  $p = 0,039$ ; laktátový test:  $p = 0,013$ ; spiroergometrie:  $p = 0,041$ ), naopak mezi ostatními testy prokázané rozdíly nenacházíme.

**Tab. 4:** Výsledky párového porovnání prahových hodnot wattů mezi jednotlivými metodikami

SF		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
Time trial	Laktátový test	-,800	8,555	1,000	-29,582	27,982
	Spiroergometrie	2,100	7,508	1,000	-23,157	27,357
	Conconi test	-77,900	22,107	,039	-152,271	-3,529
Laktátový test	Time trial	,800	8,555	1,000	-27,982	29,582
	Spiroergometrie	2,900	7,879	1,000	-23,606	29,406
	Conconi test	-77,100	18,067	,013	-137,880	-16,320
Spiroergometrie	Time trial	-2,100	7,508	1,000	-27,357	23,157
	Laktátový test	-2,900	7,879	1,000	-29,406	23,606
	Conconi test	-80,000	22,913	,041	-157,084	-2,916
Conconi test	Time trial	77,900	22,107	,039	3,529	152,271
	Laktátový test	77,100	18,067	,013	16,320	137,880
	Spiroergometrie	80,000	22,913	,041	2,916	157,084

b. Adjustovaná mnohonásobná komparace: Bonferroni

## DISKUZE

Conconi testem jsme dospěli podobně jako např. Bourgois, a Vrijens (1998) k rozdílným výsledkům. Menší, ale významné, rozdíly dosáhly i hodnoty stanovené teoretickým výpočtem. Nutno poznamenat, že jednoduchá metodika (výpočet), vychází vždy z průměrné populace, ale výzkumný soubor tvořili sportovci vytrvalci. Nicméně řada hobby sportovců, kteří se i často účastní dnes populárních vytrvalostních závodů (běhy, cyklistika, běžecké lyžování a triatlon), se v tréninku takovými údaji řídí.

Možné příčiny odlišných výsledků Conconi testu spatřujeme v tom, že tento test pracuje pouze se srdeční frekvencí a délka jednotlivých úseků je velmi krátká. Srdeční frekvence reaguje na zvýšení vnějšího zatížení se zpožděním, kdy nedochází k plné adaptaci na zatížení (Neumann, Pfützner, & Hottenrott, 2000). Pokud tedy zatížení neustále roste v krátkých časových intervalech, organismus nestihne dosáhnout tzv. steady state stavu, tedy stavu, kdy SF odpovídá vnějšímu zatížení. Než teprve SF zareaguje na předchozí zátěž a dosáhne např. hodnoty anaerobního prahu, vnější zatížení již opět naroste. Z tohoto důvodu jsou výsledky testů změřené pomocí Conconi testu nadhodnocené.

Metodika teoretického výpočtu nepracuje s aktuální výkonností ani typem tréninku, který proband soustavně podstupuje. Vlivem adaptace na vytrvalostní zátěž dochází k mnoha fyziologickým jevům, jedním z nich je snížení jak klidové, tak submaximální SF (Máček, 1999). Oproti nesportující populaci budou tedy hodnoty vytrvalců nižší a tato metodika bude vykazovat nadhodnocených výsledků, což naše studie dokazuje.

Srovnatelnost a tím i zaměnitelnost metodiky hodnocení pomocí laktátové křivky a spiroergometrického testu jsme předpokládali. Pozitivním zjištěním je fakt, že srovnatelné výsledky nacházíme i u motorického testu – časovky na 20 minut. Velkou výhodou tohoto testu je nízká finanční, materiální i odborná náročnost. Podmínkou není ani specializované pracoviště vybavené pro potřeby invazivních metod (odběr krve a jeho analýza), tak neinvazivních, ale finančně náročných (analýzátor plynů pro funkční zátěžovou diagnostiku). Problém jsme spíše zaznamenali při samotné realizaci testu. Výkonnostně horší probandi měli problém s odhadem optimální intenzity zatížení, která může mít dopad na celkový výkon. Je proto vhodné test předem vyzkoušet, byt



např. v kratším časovém režimu (Allen, 20002). Na druhou stranu lze konstatovat, že zařízení, které umožňuje v cyklistice měření výkonu (wattmetr), používají zatím spíše sportovci s vysokou výkonností.

## ZÁVĚR

Z výsledků našeho výzkumu vyplývá, že hodnocené metodiky nedosahují statisticky shodných výsledků. Výrazně vyšších hodnot (jak SF, tak W) je dosaženo v Conconi testu ( $173 \pm 14,2$  tepů/min;  $313 \pm 74,8$  W).

Při párovém porovnání jednotlivých metodik nacházíme rozdíly v hodnotách SF mezi testem laktátovým a Conconi ( $p = 0,037$ ) a laktátovým a stanovením SF pomocí teoretického výpočtu ( $p = 0,039$ ).

Při hodnocení parametru dosažených prahových hodnot wattů nacházíme opět nejvíce statistických odchylek v souvislosti s Conconi testem (time trial:  $p = 0,039$ ; laktátový test:  $p = 0,013$ ; spiroergometrie:  $p = 0,041$ ), naopak mezi ostatními testy prokázané rozdíly nenacházíme.

Conconi test pro potřeby vytrvalostních sportovců nedoporučujeme, stejně tak, jak metodu stanovení ANP pomocí teoretického výpočtu.

## Literatura

- Allen H., & Coggan A. (2005). *Training and rating with a power meter*. VeloPress.
- Bachl, N., Reiterer, W., Prokop, L., & Czitober, H. (1978). Bestimmungsmethoden der anaeroben Schwelle. *Österreich Journal of Sportmedizin* 8, 9–12.
- Bentley, D. J., Millet, G. P., Vleck, V. E., & McNaughton, L. R. (2002). Specific aspects of contemporary triathlon: implications for physiological analysis and performance. *Sports Medicine* 32 (6), 345–359.
- Bourgeois J. & Vrijens J. (1998). The Conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. *International Journal of Sports Medicine* 19, (8), 553–9.
- Brooks, G. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17, 22–31.
- Bunc, V. (1989). *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Praha : Univerzita Karlova.
- Bunc, V., Šprýnarová, Š., Heller, J., & Zdanowicz, R. (1984). Možnosti využití anaerobního prahu ve fyziologii práce. II. Metody stanovení anaerobního prahu. *Pracovní lékařství* 36, 127–133.
- Conconi, F; Ferrari, M; Ziglio, P. G.; Droghetti P., & Codeca L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology* 52, (4), 869–73
- Costill, D. L. (1970). Metabolic responses during distance running. *Journal of Applied Physiology* 28 (3), 151–155.
- Formánek, J., Horčic, J. (2003). *Triatlon*. Praha: Olympia, a. s.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press a.s.
- Hue, O., Le Gallais, D., Chollet, D., Boussana, A., & Préfaut, C. (2000). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology* 25, 102–113.
- Máček, M. (1999). Reakce a adaptace na tělesnou zátěž. In Kučera, M., & Dylevský, I. (Ed.), *Sportovní medicína*. Praha: Grada.
- Millet, G. P., Dreano, P., & Bentley, D. J. (2003). Physiological characteristics of elite short- and long-distance triathletes. *European Journal of Applied Physiology* 88, 427–30.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottenrott, K. (2000). *Alles unter Kontrolle*. Verlag: Meyer & Meyer Sport.
- O'Toole, M. L., Douglas, P. S., & Hiller, W. B. (1989). Lactat, oxygen uptake and cycling performance in triathletes. *International Journal of Sports Medicine* 10, 413–418.
- Schabert, E. J., Killian, S. C., St Clair Gibson, A., Hawley, J. A., & Noakes, T. D. (2000). Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32, 844–849.
- Schneider, D. A., Lacroix, K. A., Atkinson, G. R., Troped, P. J., & Pollack, J. (1990). Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 22, 257–264.
- Van Schuylenbergh, R., Vanden Eynde, B., & Hespel, P. (2004). Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. *European Journal of Applied Physiology* 91, 94–99.
- Zhou, S., Robson, J., King, M. J., & Davie, A. J. (1997). Correlations between short-course triathlon performance and physiological variables determined in laboratory cycle and treadmill tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 37, 122–130.