

DIFERENCE V POZÁTĚŽOVÉ KONCENTRACI LAKTÁTU PO MAXIMÁLNÍM BĚŽECKÉM A CYKLISTICKÉM (60S) ZATÍŽENÍ

Jan CACEK – Martina NOVOTNÁ - Josef MICHÁLEK –Martin SEBERA – Zuzana HLAVOŇOVÁ

FSpS MU, Brno, Česká republika

Klíčová slova

Krevní laktát – množství svalstva – specifické adaptace – běh – cyklistika - difference

ÚVOD

Kinetika laktátu (dále jen LA) bývá zpravidla diagnostikována a využívána pro racionální plánování a řízení tréninku sportovců, u nichž je dominantní aerobní podíl energetického krytí potřeb organismu. Řada sportovních disciplín však vyžaduje vysokou úroveň anaerobních schopností. Výkony vyžadující dominantně anaerobní způsob přeměny energie jsou zpravidla doprovázeny změnami vnitřního prostředí organismu, při nichž dochází k poklesu pH a výraznému zvýšení koncentrace laktátu v krvi (podle aktuálních poznatků se jedná pouze o nepřímý ukazatel změn pH).

Maximální hodnoty koncentrace laktátu v krvi (L_{Amax}) mohou trenérům nepřímo odpovědět na otázku, na jaké úrovni se aktuálně nacházejí anaerobní schopnosti toho kterého sportovce v té které sportovní disciplíně. Je však úroveň LA jako ukazatele anaerobního zatížení (kapacity) shodná při různých typech pohybových činností se shodným intervalem a maximální intenzitou zatížení? Jakou roli hrají v anaerobních schopnostech dlouhodobé specifické adaptace na určitou pohybovou činnost? Má množství aktivně pracujících svalů vliv na hodnoty koncentrace laktátu v krvi po zátěži? To jsou otázky, které nás motivovaly hlouběji se problematikou L_{Amax} zabývat.

PROBLÉM

Anaerobní kapacita (ANC)

Anaerobní kapacita je Gastinem (2007), Greenem a Dawsonem (1993) definována jako maximální množství ATP vytvořeného anaerobními procesy během specifického krátkodobého cvičení maximální intenzity. Zjišťování úrovně anaerobní kapacity představuje stále diskutovaný problém. Žádná z tradičně využívaných hodnot nebyla dosud všeobecně akceptována (Gastin, 2007). Dle Medboa (1996) je měření anaerobní kapacity obvyklé skrze maximální kyslíkový deficit (dočasný nedostatek kyslíku v buňkách). Někteří autoři (např. Green a Dawson, 1993) určují anaerobní kapacitu pomocí pozátěžových hodnot LA v krvi či skrze kyslíkový dluh (množství kyslíku vyžadované svalovou tkání během zotavných procesů z intenzivního cvičení). Maxwell a Nimmo (1996) uvádějí variantu zjištění anaerobní kapacity ekvivalentem kyslíku či koncentrací krevního amonia (BNH3) při standardizovaném testu MART (maximal anaerobic running test).

Pro svoji relativně jednoduchou měřitelnost je v praxi i přes určitou míru nepřesnosti nejčastěji využíváno měření ANC prostřednictvím pozátěžových hodnot L_{Amax} v krvi. Při hodnocení anaerobní kapacity se využívají testy v délce trvání 30-90 s.

V minulosti se celá řada autorů zabývala spektrem potenciálních faktorů, které mohou ovlivnit výši hodnot ukazatelů ANC. Mezi nejčastěji zmiňovanými najdeme oblast faktorů somatických. Konkrétně se jedná o velikost a množství aktivního svalstva.

Sloniger et al. (1997 a 1997) při porovnání ANC běhu po rovině a do kopce (10%) dospěl například k závěrům, že atleti běžící do kopce aktivují větší množství (vyjádřeno jako % z celkového objemu) svalů (73,1 +/- 7,4 %) než atleti běžící po rovině (67,0 +/- 8,3 %). Tím dochází i k výrazným rozdílům v kyslíkovém deficitu mezi běžci do kopce (2,96 +/- 0,63 l respektive 49 +/- 6 ml/kg) a běžci po rovině (2,45 +/- 0,51 l respektive 41 +/- 7 ml/kg). Závislost kyslíkového deficitu a tím i ANC na množství aktivního svalstva prokázal také Weyand et al. (1993), který vyšetřil statisticky významné diference v deficitu kyslíku při šlapání na cyklistickém ergometru jednou nebo oběma nohama.

Všechny v úvodní části textu zmíněné ukazatele ANC spolu do určité míry souvisejí, lze proto předpokládat, že závislost jednoho ukazatele (např. kyslíkového deficitu) s vybraným somatickým parametrem (např. množství aktivovaných svalů při určité činnosti) se projeví i v závislosti dalšího ukazatele anaerobní kapacity (L_{Amax}) se shodným somatickým parametrem. Byla-li tedy prokázána závislost mezi velikostí kyslíkového deficitu a množstvím aktivního svalstva při zjišťování ANC, měla by být identifikovatelná také závislost L_{Amax} na množství aktivních svalů.

CÍLE PRÁCE A METODIKA VÝZKUMU

Primárním cílem práce je zjistit diference koncentrace L_{Amax} po 60s běžeckém a cyklistickém testu (u běhu se zapojuje více svalů než při cyklistice). Sekundárním cílem je odpovědět na otázku, zda dlouhodobé specifické adaptace determinují pozátěžovou koncentraci L_{Amax}.

Vydeme-li z předpokladu, že v cyklistice dochází při klasickém posedu k aktivaci výrazně menšího % svalů z celkového objemu než při běhu (Medbo a Tabata, 1993, Green et al. 1996, Sloniger, et al. 1997), můžeme předpokládat, že budou v rámci daných činností diference v pozátěžových koncentracích L_{Amax} vlivem zvýšených požadavků energetické náročnosti pohybu. Na druhou stranu je nutné kalkulovat s faktem, že specifické adaptace na jeden druh pohybové aktivity (běh či cyklistika) mohou ovlivnit rozdíly mezi koncentrací L_{Amax} po běhu a cyklistice. Výzkumem dané problematiky jsme se pokusili odpovědět na následující otázky.

VO1: Ovlivňuje množství a velikost zapojených i neaktivních svalů koncentraci krevního laktátu po zátěži maximální intenzity?

VO2: Ovlivňuje adaptace na specifický typ zatížení hladinu laktátu po zátěži maximální intenzity? Existují identifikovatelné rozdíly v pozátěžové koncentraci LA mezi cyklisty, triatlety a běžci?

Výzkumné šetření, jimž se pokoušíme na otázky odpovědět, mělo interindividuální třískupinový charakter. Sledováno bylo 19 testovaných osob (dále jen TO), přičemž 7 TO zastupovalo skupinu běžců na 800 – 1500 m (dále Skupina 1), 7 TO bylo zahrnuto do skupiny triatletů (Skupina 2) a 5 TO patřilo do skupiny cyklistů (Skupina 3). Výběr sportovních

odvětví byl proveden záměrně z důvodu postihnout potenciálního vlivu specifických adaptací na koncentrace LA.. Skupiny byly testovány v terénních podmínkách 60s běžeckým a cyklistickým testem do maxima s následným měřením koncentrace LA max. Úkolem testovaného jedince je absolvovat (uběhnout, ujet) co nejdelší vzdálenost ve vymezeném časovém intervalu (modifikovaná terénní varianta testu popsáno Jonesem, In: Winter et al., 2007).

Hodnoty laktátu byly zjišťovány po ukončení zátěže v 1., 3., 5. minutě z kapilární krve přístrojem Accutrend Lactate. Cyklistický test proběhl na vlastních bicyklech TO, běžecký test absolvovaly TO na 400m „tartanové“ dráze. Z naměřených hodnot LA byly u každé TO vybrány hodnoty maximální po běžeckém a cyklistickém testu, tyto hodnoty byly poté interindividuálně porovnávány.

VÝSLEDKY

O odpovědi na otázky bylo rozhodnuto na základě diferencí mediánů (Wilcoxonův test) u proměnné LA max po cyklistickém a běžeckém testu.

Při dvoustranném testování všech TO, tedy sloučených skupin 1, 2 a 3 (Tab. 2), jsme na základě Wilcoxonova neparametrického testu významnosti rozdílu mediánů dospěli k výsledkům, jež ukazují na statisticky významné difference v koncentracích laktátu po max 60s běžeckém a shodně dlouhém cyklistickém testu (Tab. 1). Mediány proměnné LAm_{max} po běžeckém a cyklistickém 60s testu maximálního úsilí se statisticky významně liší na p hodnotě 0,035.

Tab. 1. Wilcoxonův pořadový test pro hodnocení rozdílu mediánů u všech TO dohromady (skupiny 1, 2, 3 – n = 19)

Veličina	N (La - cyklo)	N (La - běh)	Test normality		Wilcoxonův test - významnosti rozdílu mediánů	
			hodnota	(p - hodnota)	z-hodnota	(p-hodnota)
Laktát (1, 2, 3)	19	19	1,3409	0,511484	2,1134	0,034570

Tab. 2. Základní statistické charakteristiky LAm_{max} u testovaných skupin (n = 19)

	Skupina 1, běžci, n = 7		Skupina 2, triatleti, n = 7		Skupina 3, cyklisté, n = 5	
	Cyklistika	Běh	Cyklistika	Běh	Cyklistika	Běh
	Max. LA (mmol/l)	max LA (mmol/l)	Max. LA (mmol/l)	Max LA (mmol/l)	Max. LA (mmol/l)	Max LA (mmol/l)
Průměr	13,89	17,6	12,11	13,87	13,96	12,66
Minimum	10,4	14,3	10,2	11,4	12,5	11
Maximum	16	20,3	14,7	16,8	15,3	14,1
Medián	14,5	17,4	11,6	13,8	13,8	12,9
Rozptyl	3,81	3,33	0,20	2,35	1,28	1,03
Sm. Od.	1,95	1,82	1,56	1,53	1,13	1,01

Dvoustranné testování rozdílu mediánů LAm_{max} (Wilcoxonovým testem) po cyklistickém a běžeckém 60s testu skupiny 1 vedlo k přijetí alternativní hypotézy,

předpokládající, že LAmox po cyklistickém testu bude u běžců nižší než po testu běžeckém (zamítáme nulovou hypotézu H_0). Rozdíly mediánů jsou statisticky významné, $p=0,028$ respektive $0,014$ u jednostranného testování (na 5% hladině významnosti). Naopak při alternativním jednostranném testování, kdy byl předpoklad vyšší koncentrace LAmox po cyklistickém testu než po testu běžeckém, jsme museli přijmout H_0 (Tab. 3).

Tab. 3. Wilcoxonův pořadový test pro hodnocení rozdílu mediánů u skupiny 1 (n = 7)

Veličina (alternativní předpoklady)	N (La - cyklo)	N (La - běh)	Rozhodn utí	Wilcoxonův test - významnosti rozdílu mediánů
	X1	X2		(p-hodnota)
Laktát ($X_1-X_2 < 0$)	7	7	O H_0	0,027992
Laktát ($X_1-X_2 < 0$)	7	7	O H_0	0,013996
Laktát ($X_1-X_2 > 0$)	7	7	P H_0	0,986004

Vysvětlivky: O H_0 (P H_0) – odmítnutí (přijmutí) nulové hypotézy o rovnosti mediánů

Shodná metodika analýzy dat jako u skupiny 1 byla využita i u skupiny 2, tedy triatletů. Dvoustranné testování nepotvrdilo na 5% hladině významnosti předpoklad, že existují statisticky průkazné rozdíly u triatletů mezi mediány proměnné LAmox po cyklistickém a běžeckém testu.

Při ověřování alternativní jednostranné hypotézy jsme očekávali průkazně vyšší koncentraci LAmox po běžeckém než po cyklistickém testu. Statistická významnost dané alternativy byla potvrzena na hladině $p = 0,088$ (Tab. 4). Vezmeme-li v potaz počet n a fakt, že se jedná o testování živých organismů, kde není prakticky žádná významnost 100 % průkazná, potom i 10% hladina významnosti by se jevila jako statisticky přijatelná. S ohledem na nejčastěji odborníky využívanou 5% hladinu významnosti však musíme konstatovat, že nebyl prokázán rozdíl mediánů mezi 2 měřeními u skupiny 2. Dané vyšetření tedy statisticky neprokazuje závislost LA max na množství zapojených svalů.

Příčina statistické „neprůkaznosti“ rozdílu mediánů může být ve výsledcích testů TO8, u níž byl jako u jediné osoby ze skupiny 2 naměřen vyšší LAmox po cyklistickém než po běžeckém testu.

Tab. 4. Wilcoxonův pořadový test pro hodnocení rozdílu mediánů u skupiny 2 (n = 7)

Veličina (alternativní předpoklady)	N (La - cyklo)	N (La - běh)	Rozhodn utí	Wilcoxonův test - významnosti rozdílu mediánů
	X1	X2		(p-hodnota)
Laktát ($X_1-X_2 < 0$)	7	7	P H_0	0,176296
Laktát ($X_1-X_2 < 0$)	7	7	P H_0	0,088148
Laktát ($X_1-X_2 > 0$)	7	7	P H_0	0,911852

Jednostranné testování skupiny 3 vedlo k přijetí alternativní hypotézy, předpokládající, že LA max po cyklistickém testu bude u cyklistů významně vyšší než po testu běžeckém (zamítáme nulovou hypotézu H_0). Rozdíly mediánů jsou statisticky významné, $p = 0,028$ (Tab. 5).

Tab. 5. Wilcoxonův pořadový test pro hodnocení rozdílu mediánů u skupiny 3 (n = 5)

Veličina (alternativní předpoklady)	N (La - cyklo)	N (La - běh)	Rozhodnutí	Wilcoxonův test - významnosti rozdílu mediánů
	X1	X2		(p-hodnota)
Laktát (X1-X2≥ 0)	5	5	P H0	0,56759
Laktát (X1-X2<math>< 0</math>)	5	5	P H0	0,971620
Laktát (X1-X2> 0)	5	5	O H0	0,028380

Otázku 2 jsme ověřovali na základě komparace diferencí pozátěžové koncentrace LA v obou testech segregovaně u skupiny cyklistů, běžců a triatletů. U skupiny 1 jsme diagnostikovali významně vyšší hodnoty LA max po běžeckém testu než po testu cyklistickém. Daná diference vyplývá z rozdílného zapojení svalstva při cyklistice a běhu, ale pravděpodobně také z dlouhodobé adaptace běžců na specifický – běžecký typ zatížení. U skupiny triatletů, u nichž je specifickým podnětem jak běh, tak i jízda na kole, jsme očekávali, že koncentrace LA bude vlivem vyšší aktivity svalstva při běhu průkazně vyšší ($p = 0,05$) po běžeckém zatížení než po cyklistickém, což se neprokázalo. Průměrný rozdíl koncentrace LA max (mmol/l) po běžeckém a LA max po cyklistickém zatížení byl nižší než u skupiny 1. Zatímco rozdíl průměrné pozátěžové koncentrace u skupiny běžců byl 3,71 mmol/l (rozdíl mediánů 2,9 mmol/l), u triatletů jsme naměřili průměrný rozdíl 1,76 mmol/l (rozdíl mediánů 2,2 mmol/l).

U skupiny 3 jsme očekávali možný vliv specifických adaptací na diference mezi LA max po cyklistickém a běžeckém testu. Očekávaná relativně shodná či vyšší úroveň pozátěžových koncentrací LA po cyklistice byla prokázána. Oproti testování triatletů a běžců byla naopak prokázána významně vyšší úroveň koncentrace LA max po cyklistickém než po běžeckém testu.

Výsledky testování 3. skupiny je možné interpretovat dvěma způsoby. První varianta interpretace by znamenala připustit možnost, že hledání závislosti LA max na množství zapojených svalů (definovanou metodikou Výzkumu 2) představuje slepou cestu. Druhá možnost interpretace kalkuluje s faktorem dlouhodobé metabolické a neoromuskulární adaptace svalstva na určitý typ zatížení, která může představovat významný činitel v produkci LA po různých typech činností. Předpokládáme, že se může jednat při stanoveném designu testování o faktor s vyšší limitující úrovní, než je množství zapojených svalů. Varianta 2 se nám přitom jeví jako logicky přijatelnější. Je obecně známým faktem, že dlouhodobá adaptace na určitý typ podnětů se projevuje v úrovni koordinačních schopností (Nykodým, 2000), jež limitují metabolické procesy.

ZÁVĚR

Shrneme-li výsledky šetření, dojdeme ke zjištění, že u některých skupin (běžci, všichni testovaní sportovci) lze prokázat předpokládanou závislost LA max na množství zapojených svalů (při akceptaci diferencí v aktivitě svalstva u cyklistiky a běhu – viz studie např. Medboa a Tabaty, 1993, Greena et al., 1996, Slonigera, 1997). Zjištěné hodnoty korespondují s výsledky celé řady uskutečněných výzkumů (Weyand et al., 1993, Sloniger et al., 1997, Olsen, 1992, Few et al., 1980, Bo, et al., 1990, Saltin et al., 1995).

U skupiny 3 se potvrdil předpoklad vlivu specifčnosti cvičení na diference v pozátěžových koncentracích LA max u dvou sledovaných testů. Bylo by zajímavé zjistit, jakými parametry a s jakou výpovědní hodnotou je možné postihnout úroveň dlouhodobé adaptace na specifický typ cvičení. Platí zde, že svaly trénované ve specifickém režimu jsou schopné pracovat efektivněji při nižším pH, a tedy při vyšších hladinách LA max, než svaly, které sportovci specificky, pravidelně a záměrně nezatěžují. Zajímavý je fakt, že vyšší úroveň koncentrace LA max (jeden z možných ukazatelů anaerobní kapacity) byla diagnostikována u specifických sportovních aktivit (oproti aktivitám nespecifickým), přestože trénink dvou testovaných skupin (skupiny 2 a 3) probíhá prakticky výhradně v aerobním režimu hrazení energetických potřeb organismu.

Jak se shodují někteří renomovaní autoři (např. Sloniger, et al., 1997), znalost aktivních svalů je k platnému testování jejich vlivu na anaerobní procesy velmi důležitá. Tento fakt si plně uvědomujeme a výsledky interpretujeme pouze v intencích námi daného designu výzkumu, tedy bez analýzy aktivity svalstva při testovaných činnostech.

Testování aktivity svalstva při určité činnosti je s ohledem na finanční limitaci velmi komplikovanou záležitostí. Nejmodernější postupy aktivitu svalstva identifikují na základě výsledků analýzy magnetické resonance. V terénních podmínkách je využití magnetické resonance prakticky nepoužitelné, v podmínkách laboratorních zase dochází ke zkreslení výsledků vlivem nespecifčnosti cvičení (Grasgruber, Cacek, 2008).

SEZNAM LITERATURY

1. BO, W. J. et al. Basic Atlas of Sectional Anatomy With Correlated Imaging. 1990, Philadelphia: Saunders.
2. FEW, J. D. et al. Adrenocortical Response to One - Leg and Two – Leg Exercise on a Bicycle Ergometer. In: *Journal of Applied Physiology*. 1980, č. 44, s. 167 – 174.
3. GASTIN, J.P. Quantification of anaerobic capacity. In: *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2007, roč. 4, č. 2, s.91 – 112.
4. GRASGRUBER, P., CACEK, J. Sportovní geny. Brno : Computer press, 2008, 480 s. ISBN 978-80-251-1873-3.
5. GREEN, S., DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definition, limitations and unsolved probléme. In: *Sports. Med*. 1993, roč. 15, č. 5, s 312 – 327.
6. GREEN, S. et al. Anaerobic ATP production and accumulated O2 deficit in cyclist. In: *Med. Sci. Sports*. 1996, roč. 28, s 315 – 321.
7. NYKODÝM J. *Vliv experimentální pohybové činnosti na pohybové učení v základním bruslení*. Disertační práce. 2000. Brno: Masarykova univerzita v Brně, Pdf. 108 s.
8. SALTIN, B. et al. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. In: *Scandinavian Journal of Medicine and science in Sports*. 1995, č. 5.
9. SALTIN, B. et al. Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. In: *Scandinavian Journal of Medicine and science in Sports*. 1995, č. 5, s. 209 – 221.
10. SLONIGER, M. A. et al. Anaerobi capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. In: *J. Appl. Physiol*. 1997, roč. 83, č. 1. s. 262 – 269.
11. SLONIGER, M. A. et al Lower extremity muscle activation during horizontal and uphill running. In: *J. Appl. Physiol*. 1997, roč. 83, č. 6. s. 2073 – 2079.
12. WEYAND, P. G. et al. Peak oxygen deficit during ane- and two-legged cycling in men and women. In: *Med. Sci. Sports. Exerc*. 1993, roč. 25, č. 5, s. 584 – 591.

SUMMARY

The authors try to solve in the article the problem of blood lactate concentration after 60 sec. activity in the dependant of the activity type during iur test (running,cycling). The authors suppose higher lactate level after the 60 sec. running test, than after the 60 sec. cycling test. The reason is, that more % of muscles work during the running than during the cycling. Some influence on the lactate concentration can have also longtime adaptation of the people on some type of movement. Our research (n 17) shows lactate concentration on the type of movemant ($p < 5\%$) at runers (n=7) and whole tested group (n = 19). In the group of triathlets were the dependence on the level of 9%. The cyclists reached higher level after cycling test than after running test, because of the adaptation on the specific movemant.