

KOMPARACE VÝSLEDKŮ VYŠETŘENÍ STŘEDOTRAŤAŘEK Z 80. LET 20. STOLETÍ A SOUČASNÝCH REPREZENTANTEK V LABORATOŘI A V TERÉNU

COMPARISON OF TEST RESULTS FEMALE MIDDLE RUNNERS THE EIGHTIES OF THE 20TH CENTURY AND CONTEMPORARY IN THE LABORATORY AND IN THE FIELD

P. Červinka

Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Katedra atletiky

ABSTRACT

The aim of the study was to compare the results of tests on maximal oxygen uptake on the treadmill and field lactate test in elite Czech female middle distance runners 80s and the present. Current female runners has worst performances than 80s female runners (with a few exceptions). Therefore we performed comparison of the results of selected tests, if we find significant differences in the results between these two groups. Mutual comparison and experts processing, we confirmed the considerable variability of measured values and at the same time, some better significant parameters for runners 80 years of the 20th century. At the same time it was shown that to achieve a certain performance, it is necessary to have a certain amount of values of these parameters, subject to individual variation.

Keywords: Czech middle distance elite female runners; treadmill test; maximal oxygen uptake; lactate test; lactate threshold

SOUHRN

Cílem práce bylo porovnat výsledky funkčního vyšetření na běžeckém ergometru a terénního laktátového testu u elitních českých středotraček 80. let a současnosti. Současné běžkyně nedosahují až na výjimky výkonů svých předchůdkyň, proto jsme provedli porovnání výsledků vybraných testů a expertní posouzení, zdali najdeme významné rozdíly v jejich výsledcích u těchto dvou skupin. Vzájemnou komparací a expertním posouzením jsme potvrdili jednak výraznou variabilitu naměřených hodnot a současně některé významně lepší parametry u běžkyň 80. let 20. století. Současně se ukázalo, že pro dosažení určité výkonnosti je nezbytné mít určitou výši hodnot těchto ukazatelů, s výhradou individuální variability.

Klíčová slova: české elitní středotračky; test na běžeckém ergometru; maximální kyslíková spotřeba; laktátový test; anaerobní práh

Úvod

Výkon v bězích na střední tratě do značné míry závisí nejen na zásobě maximální rychlosti, ale také na tempové rychlosti, umožňující udržet po celý závod vysoké tempo. Současně úzce souvisí s vysokou úrovní speciální vytrvalosti, kvalitou anaerobních procesů energetického krytí a v neposlední řadě úrovní VO_{2max} a hodnot anaerobního prahu (Bassett & Howley, 2000; Legaz & Manguía et al., 2007).

Při sledování účinnosti tréninkového procesu se opíráme o výsledky laboratorních a terénních vyšetření, která jsou standardizována (Ingham & Fudge et al., 2011; Máček, nedatováno; Liška & Písařík, 1985).

Mezi tyto relativně standardizované testy patří funkční vyšetření na běhátku a určení hodnot aerobního a anaerobního prahu v terénu. Hodnoty těchto dvou testů jsme mohli díky tomu porovnat s výsledky, které publikoval Bojanovský et al. (1982) u nejlepších mílaček 80. let v tehdejší Československu.

Naše výsledky jsme získali vyšetřením skupiny reprezentantek v Biomedicinské laboratoři FTVS UK a v terénu.

Hypotézy

Vzhledem k rozdílnosti ve výkonnosti současných středotraček a jejich předchůdkyň z 80. let

20. století jsme stanovili několik pracovních hypotéz.

Tabulka 1. Porovnání výkonnosti sledovaných souborů běžkyň – tři nejlepší výkony v tabulkách.

Table 1. Comparison of performances of tests groups of female runners – three best performances.

Skupina/Group	800 m	1500 m
Běžkyň v 80. letech/ Female runners of 80. years	1:53,28 1:56,96 1:57,28	4:01,84 4:07,35 4:09,87
Průměr 3 nejlepších výkonů/ Average of the 3 best performances	1:55,84	4:06,35
Současné běžkyňe/ Present female runners	1:59,56 2:01,91 2:02,69	4:08,27 4:11,84 4:12,86
Průměr 3 nejlepších výkonů/ Average of the 3 best performances	2:01,38	4:10,99

Existují, vzhledem k rozdílné výkonnosti (tabulka 1) i rozdíly ve výsledcích vyšetření středotratářek v 80. letech a v současnosti?

Existuje vztah mezi výsledky funkčních testů a testy laktátové křivky a výkonnosti? Budou výsledky testů a vztah k závodnímu výkonu homogenní v celém souboru?

Do jaké míry jsou některé parametry výsledků laboratorního a terénního vyšetření předpokladem k vysoké výkonnosti?

Metodika

Bojanovský et al. (1982), vyšetřovali běžkyňe na běhacím ergometru nejdříve při dvou submaximálních rychlostech 11 km/h po dobu 3 minut. Poté následovalo stupňované zatížení do maxima se zahájením při rychlosti 13 km/h a 1 % sklonu běhátky a se zvyšováním sklonu o 2 % každé dvě následující minuty. Druhé vyšetření bylo modifikováno – submaximální zátěž absolvovaly testované běžkyňe tři, při rychlostech 11, 12 a 13 km/h vždy po dobu 5 minut. Počátek testu byl při rychlosti 12 km/h a rychlost se zvyšovala každé dvě minuty o 1 km/h. Sklon běhátky byl trvale 5 %.

Terénní určení hodnot aerobního a anaerobního prahu probíhalo na dráze standardizovaným tříbodovým testem, při němž testované běžkyňe absolvovaly zátěž 3x 2 km s přestávkou 5 min. Naše laboratorní testy probíhaly obdobnou metodikou, která je dnes již standardem. Po dvou submaximálních zátěžích na úrovni 10 a 12 km/h, následovalo stupňované zatížení od 12 km/h do maxima, přičemž sklon běhátky byl stabilně 5 % a rychlost se zvyšovala každou minutu o 1 km/h. Laktát byl odebrán ve třetí minutě po ukončení zatížení.

Laktátový test jsme prováděli pětibodový a běžkyňe absolvovaly pět úseků v délce 1600 m, někte-

ré 2000 m s přestávkou do 2 min. Krev byla odebrána ušního lalůčku. Určení laktátu poté probíhalo v laboratoři CASRI.

Každého testování se zúčastnily členky reprezentančních výběrů. Bohužel soubory nebyly plně homogenní, protože testování prováděného Bojanovským se opakovaně zúčastnilo pouze 6 běžkyň, zbylé vždy absolvovaly jeden test. Obdobná situace nastala při našem testování, proto uvádíme jen výsledky testování z jednoho období. Pro vzájemnou komparaci to je však dostačující. Charakteristiky testovaných souborů jsou uvedeny v tabulce 1.

Výsledky a diskuse

Pro porovnání jsme použili výsledky elitních běžkyň, které absolvovaly oba testy. V obou souborech to bylo vždy po šesti reprezentantkách. V souboru z 80. let chybí tehdy nejlepší běžkyňe J. K., která se však parametry vymyká průměru zbylých reprezentantek, a ze současných běžkyň T. Č., která byla zraněná.

Tabulka 2. Charakteristika testovaných souborů běžkyň.

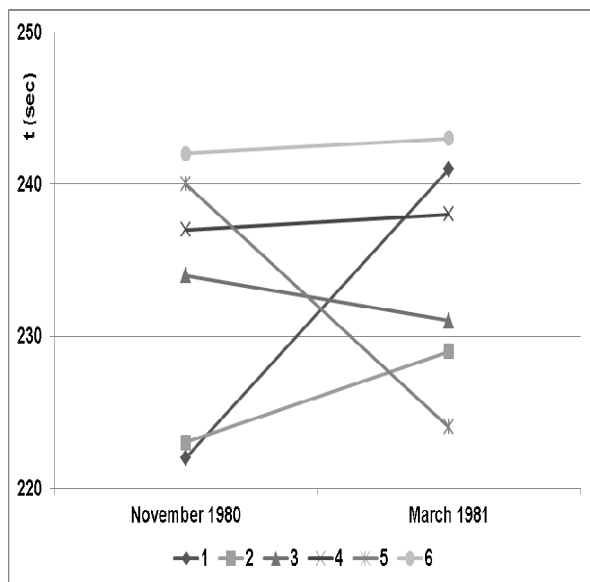
Table 2. Characteristics of test files runners.

Ukazatel/ Parameter	Skup. A/ Group A XI. 1980/n=9	Skup. B/ Group B III. 1981/n=8	Skup. C/ Group C IX. 2012/n=12
Věk/Age (roky/year) Ø/SD	21,56/3,53	22,52/3,41	19,9/1,93
Výška/Height (cm) Ø/SD	168,1/4,0	166,1/3,3	167,1/2,61
Hmotnost/Weight (kg) Ø/SD	56,7/4,7	54,3/3,8	53,48/2,61
% tuku/ % of body fat Ø/SD	3,9/2,2	4,5/2,5	8,05/4,47
ATH/Active body mass (kg) Ø/SD	54,5/4,6	51,9/4,0	49,17/3,26

V tabulce 1 je uvedena výkonnost nejlepších tří běžkyň na obou středních tratích. Z přehledu je patrné, že jednoznačně lepší byly běžkyňe 80. let než současné. Pokud bychom rozšířili tento soubor o další pořadí v tabulkách, rozdíl v neprospěch současných běžkyň by se zvýšil. Jestliže bychom navíc vzali do úvahy jen nyní aktivní středotratářky, tak v tabulkách za rok 2014 je třetí výkon na 800 m 2:08,24 a na 1500 m 4:26,40. Oproti 80. letům je tedy nyní špička velmi úzká a chybí jednoznačně, stejně jako na všech dalších tratích, tzv. druhý sled, který by tvořil zázemí pro reprezentaci.

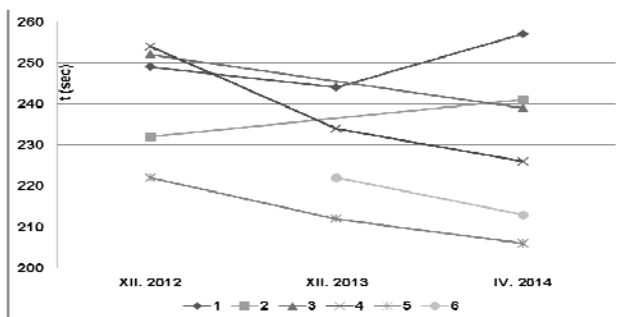
Antropometrické parametry obou souborů jsou si velmi podobné (tab. 2) a neshledali jsme žádné signifikantní rozdíly v tělesné skladbě, krom jednoho zásadního parametru – % tělesného tuku a s ním souvisejícímu podílu aktivní tělesné hmoty (ATH).

V celém rozsahu souboru mají v tomto parametru současné elitní středotračařky dvojnásobné množství tělesného tuku oproti středotračařkám osmdesátých let. To se projevuje i v nižším podílu aktivní tělesné hmoty. Pokud však ze skupiny současných reprezentantek vyčleníme tři nejlepší, je úroveň hodnoty tělesného tuku této trojice srovnatelná.



Obrázek 1. Hodnoty ANP u středotračařek 80. let.

Figure 1. Value of the anaerobic threshold in the group at 80s female runners.



Obrázek 2. Hodnoty ANP u současných reprezentantek.

Figure 2. Value of the anaerobic threshold in the present elite female runners.

Pro další expertní posouzení jsme si vybrali některé ukazatele zjištěné při funkčním vyšetření a hodnotu rychlosti odpovídající anaerobnímu prahu.

Maximální kyslíková spotřeba (VO_{2max}) je ukazatelem aerobních schopností organismu a pro elitní běžkyně na střední trati by se měla pohybovat na úrovni 65 ml a více, viz tab. 4 (Bassett & Howley, 2000; Legaz & Manguia et al., 2007). V tomto parametru současné běžkyně předčí ty z 80. let, viz

tab. 3. Nicméně průměrná hodnota je vyšší o 5 %, což není zase tak významná disproporce. Z pohledu doporučených hodnot pro elitní běžkyně sice nedosahují středotračařky 80. let požadované úrovně (tab. 3 a 4), nicméně reálnou výkonností se řadily tehdy mezi světovou špičku. Vůbec nejvyšší hodnoty dosáhla při testování VO_{2max} . J. K., a to 72,8 ml. V tomto kontextu je třeba uvést, že v té době byla nejlepší půlkařkou světa a dodnes je držitelkou světového rekordu na této trati.

Tabulka 3. Zjištěné hodnoty vybraných ukazatelů při vyšetření VO_{2max} .

Table 3. The determined values of selected indicators during the test of VO_{2max} .

Ukazatel/Parameter	A (1980)	B (1981)	C (2013)
$VO_{2max}.kg^{-1}.min^{-1}$	57,0	60,9	63,95
(ml)	4,03	3,65	3,19
\bar{O}/SD			
LA (mmol)	9,5	8,5	12,18
\bar{O}/SD	1,62	1,37	2,25
Ventilace/Ventilation	89,12	90,86	101,37
V (l/min)	9,47	9,63	10,67
\bar{O}/SD			
O ₂ puls/O ₂ P	14,15	15,32	18,27
\bar{O}/SD	2,09	1,73	1,63
R /RQ	1,1	1,03	1,07
\bar{O}/SD	0,05	0,06	0,03

Tabulka 4. Hodnocení aerobní kapacity středotračařek podle $VO_{2max}.kg^{-1}.min^{-1}$ (ml).

Table 4. Evaluation of the aerobic capacity the women middle distance runners by $VO_{2max}.kg^{-1}.min^{-1}$ (ml).

Hodnocení/ Evaluation	$VO_{2max}.kg^{-1}.min^{-1}$ (ml)
Vysoce nadprůměrná/ Highly above average	65 a více
Nadprůměrná/Above average	61,0-64,9
Průměrná/Average	57,0-60,9
Podprůměrná/Bellow Average	53,0-56,9
Velmi nízká/Very low	52,9 a méně

Diferenci výsledků mezi soubory lze částečně vysvětlit odlišnou metodikou testování. Za důležitou v tomto směru považujeme skutečnost, že při druhém testování setrvaly testované běžkyně na určité rychlostní úrovni dvě minuty oproti jedné minutě uplatňované v současné metodice. Minutový rozdíl navozuje přeci jenom jiný charakter zátěže a je obtížnější dosáhnout nejvyšších rychlostí ve vztahu k předchozí zátěži. Za neméně důležité však pro posouzení výsledků také považujeme skutečnost, že středotračařky 80. let byly odlišnými běžeckými typy. V testovaném souboru jednoznačně převažovaly rychlostní, případně speciální typy, které dosahovaly i vysoké výkonnosti na 400 m,

zatímco v současnosti jsou nejlepší běžkyně na střední tratě vytrvalostní typy s průměrnou výkonností na 400 m. Už Liška, Písařík (1985) uvádějí, že v běhu na 800 m se stali dominantními pouze rychlostní a speciální typ běžce. U speciálního pak při velmi dobrém výkonu na 400 m leží limitující hranice výkonu na úrovni 1500 m, přičemž výkon na této trati nebývá svou hodnotou stejně kvalitní jako na 800 m. To přesně vystihuje typy středotratěřek z 80. let.

Tabulka 5. Hodnoty ANP u středotratěřek 80. let.

Table 5. Value of the anaerobic threshold in the group at 80s female runners.

Probandka/ Proband	Listopad 1980/ November 1980	Březen 1981/ March 1981
1	3:42	4:01
2	3:43	3:49
3	3:54	3:51
4	3:57	3:58
5	4:00	3:44
6	4:02	4:03

Tabulka 6. Hodnoty ANP u současných reprezentantek.

Table 6. Value of the anaerobic threshold in the present elite female runners.

Probandka/ Proband	Prosinec 2012/ December 2012	Prosinec 2013/ December 2013	Březen 2014/ March 2014
1	4:09	4:04	4:17
2	3:52		4:01
3	4:12		3:59
4	4:14	3:54	3:46
5	3:42	3:32	3:26
6		3:42	3:33

Paradoxně však je pozátěžová koncentrace laktátu lepší u souboru středotratěřek z 80. let, tedy pokud za lepší považujeme nižší dosažené koncentrace laktátu. V testech sice nedosáhly tyto běžkyně takových hodnot $VO_2\max$, jako současné běžkyně, ale výrazně nižší hodnoty pozátěžové koncentrace laktátu svědčí o nižším zapojení anaerobních procesů. Tuto skutečnost lze interpretovat dvěma způsoby. Současné běžkyně dosáhly vyšší úrovně $VO_2\max$, vyšším zapojením anaerobních procesů, na druhou stranu běžkyně 80. let sice dosáhly nižších hodnot, ale nemusely tak výrazně aktivovat anaerobní metabolismus. Je otázkou, co je z pohledu tréninkového procesu lepší. Současně je pozoruhodné, že při druhém testu dosáhly běžkyně z 80. let vyšší $VO_2\max$, za současně nižší pozátěžové koncentrace laktátu. I tato skutečnost svědčí v jejich prospěch. Kromě toho má na výsledcích svůj podíl opět odlišná metodika, protože

je obtížnější dosáhnout maxima s vyšším zapojením anaerobních procesů, pokud zátěž na každém stupni trvá dvě minuty. Takovýto charakter testu by lépe vyhovoval pro specifické testování běžců na dlouhé tratě než na střední tratě.

Současné běžkyně mají lepší i minutovou ventilaci, tedy jsou schopné dodat více vzduchu k výměně dýchacích plynů v alveolech (tab. 3). Rozdíl 10 l představuje v relativních číslech 11 %. Obdobně vyšší hodnoty dosáhly v tepovém kyslíku, tedy na dodání stejného objemu kyslíku potřebovaly nižší tepovou frekvenci. Zde činil rozdíl 19 % ve prospěch současných běžkyň.

U respiračního kvocientu je hodnota ve všech případech přes 1,0 a svědčí o dominanci energetického krytí prostřednictvím sacharidů (Máček, nedatováno). Současně to ukazuje, že skutečně bylo v testu dosaženo žádoucího maxima.

Z vyšetření současných reprezentantek vyšel jeden poměrně zajímavý a paradoxní výsledek – jejich usilovná vitální kapacita (FEV) dosahuje pouze 87,94 % náležité hodnoty, se standardní odchylkou 10,04. Vzhledem k tomu, že literatura standardně uvádí, že sportovci dosahují hodnot na úrovni 120 % (Máček, nedatováno) a více, svědčí to o nízké úrovni respirační zdatnosti, respektive o neschopnosti správně dýchat.

Vyšetření laktátové křivky terénním testem

Navzdory všem odborným polemikám o aerobním a anaerobním prahu, patří jejich zjištění ke standardní metodě řízení tréninkového procesu. V tomto se názory praktiků poněkud odlišují od teorie, stejně jako je praktiky obecně přijímána a akceptována úroveň koncentrace laktátu v kapilární krvi 2 mmol za hranici aerobního prahu a 4 mmol za hranici anaerobního prahu.

V tomto směru jsme mohli porovnat měření z 80. let, kdy byly hodnoty zjištěny na základě tří bodové křivky s hodnotami našich probandek, kdy používáme pětibodovou křivku. Obecně platí, že pětibodová křivka je přesnější než tříbodová, nicméně se domníváme, že lze např. parametr úrovně ANP vzájemně porovnat. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 4 a 5 a přehledně zpracovány v obrázcích 1 a 2.

Porovnáním hodnot ANP zjistíme, že jsou individuálně značně variabilní, nicméně lze konstatovat, že běžkyně 80. let měly v průměru hodnotu ANP na lepší úrovni. Ze současných běžkyň, které testování absolvovaly, se pouze dvě vymykají horsšímu průměru, což odpovídá jejich progresivní výkonnosti, která se blíží výkonnosti běžkyň na střední tratě z 80. let. Variabilita je do značné míry dána třemi faktory: a) případným omezením tréninku v době zimní přípravy (zranění), b) nižší úroveň u středotratěřek 80. let vyplývá i z toho, že patřily, jak již jsme uvedli k rychlostnímu či speciálnímu typu středotratěřek s vysokou výkonností v běhu na 400 m; c) třetí možností je nevhodně vedený

tréninkový proces. Současné je třeba brát do úvahy, že především u rychlostních typů není hodnota anaerobního prahu směrodatnou pro finální výkon na trati 800 m.

Vzhledem k tomu, že korelace mezi úrovní $\text{VO}_2\text{max.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ a výkonem v běžích na střední tratě není významná (např. Bassett & Howley, 2000; Daniels, Yarbrough & Foster, 1978; Legaz et al., 2005), přesto je patrné zaostávání českých běžkyň za světem. Výjimky, které lze popsat, jako zmíněná maximální spotřeba kyslíku u J. K., či hodnota ANP u Z. M. (3:40), historicky dvou našich nejlepších půlkařek však dokazují, že dosažení určitých parametrů je nezbytným předpokladem pro elitní výkonnost na světové úrovni. To je ve shodě s poznatky současných výzkumů (Daniels, 1978; Bassett & Howley, 2000; Legaz et al., 2005, 2007). Pokud v tomto kontextu porovnáme výkonnost obou skupin, je zde zřejmý výrazný výkonnostní odstup současných běžkyň na střední tratě od běžkyň 80. let. Pouze dvě běžkyňe současnosti ze skupiny testovaných se blíží výkonnosti atletek 80. let. Současné jsou to ty, které mají shodou okolností nejvyšší hodnoty zjištěné jak při funkčním vyšetření, tak při terénním stanovení laktátové křivky. Vzhledem k jejich výkonům na kratších podpůrných tratích a aerobní kapacitě lze však jednoznačně určit, že patří k vytrvalostním typům a jejich posun výkonnosti na trati 800 m je omezený, naopak posun anaerobního prahu a jejich výkonnost na trati 1500 m je řadí spíše k mílačkám či běžkyňám na 5000 m než středotratěčkám. Ve shodě již s poznatky publikovanými Liškou, Písaříkem (1985) a výše uvedenými poznatky o určitých nezbytných předpokladech, by bylo vhodné, kdyby svoje perspektivní úsilí zaměřily tímto směrem, protože jejich výkonnostní limity na středních tratích jsou zřejmě jak z výkonu na trati 400 m, tak i 800 m, kde není výrazných progres jako u běžkyň 80. let.

Závěry

1. Expertní posouzení komparace výsledků běžkyň ve funkčním zátěžovém testu a laktátovém terénním testu ukázalo některé rozdíly v dosažených hodnotách. V maximální spotřebě kyslíku, ventilaci či tepovém kyslíku jsou lepší současné reprezentantky, naopak mají výrazně horší pozátěžovou koncentraci laktátu a z antropometrických parametrů % tělesného tuku. Uvedené rozdíly interpretujeme jako důsledek jednak odlišné metodiky testování, jednak se uplatňuje vliv rozdílných typů běžkyň.

2. Současné jsme ve shodě s Bojanovským potvrdili, že výsledky funkčního ergometrického testu a laktátového terénního testu souvisejí s dosaženými sportovními výkony jen do určité míry a fungují spíše jako souhrn předpokladů, nikoli jako korelující veličiny. Ukázalo se, že určitá úroveň výkonnosti vyžaduje odpovídající úroveň hodnot

dosažených při funkčním vyšetření i v terénním laktátovém testu.

3. Opakované vyšetření v terénu zjistilo u jednotlivých závodnic rozdílné posuny anaerobního prahu a odvozených metabolických pásem. Získaná data jsou velmi heterogenní a silně individuální.

Literatura

- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 70–84.
- Billat, V. L., Fletchet, B., Petit, B., Muriaux, G., & Koralsztejn, J. P. (1999). Interval training at VO_2max effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31, 156–163.
- Bojanovský, I. et al. (1982). Vyšetření středotratěček v laboratoři a v terénu. *Tréner*, 5, 538–541.
- Daniels, J. T., Yarbrough, R. A., & Foster, C. (1978). Changes in VO_2max and running performance with training. *Eur. J. of Appl. Physiol.*, 39(4), 249–254.
- Ingham, S. A., & Fudge, B. W. et al. (2011). *Training monitoring, training delivery; middle distance running*. Denver: American College of Sports Medicine.
- Jones, A. M. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br. J. Sports Med.*, 32, 39–43.
- Legaz A. A., Serrano O, E., Jacsajús M. J. A., & Munguía I. D. (2005). The changes in running performance and maximal oxygen uptake after long-term training in elite athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 45(4), 435–40.
- Legaz A., Munguía I., D., Nuviala, N. A., Serveto-Galindo, O., Moliner U. D., & Reverter M. J. (2007). Average VO_2max as a function of running performances on different distances. *Science and Sports*, 22(1), 43–49.
- Liška, J., & Písařík, M. (1985). *Běhy na dlouhé a střední tratě*. Praha: ÚV ČSTV, VMO.
- Máček, M. (nadatováno). *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže*. Praha: Skriptum LF UK.
- Midgeley, A. W., McNaughton, L. R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing maximal oxygen uptake of distance runners?: empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Med.*, 36(2), 117–132.
- Noakes, T. D. (2008). How did A. V. Hill understand the VO_2max and the “plateau phenomenon”? Still no clarity? *Br. J. Sports Med.*, 42(7), 574–580.

RNDr., PaedDr. Pavel Červinka, PhD.

UK FTVS, katedra atletiky

José Martího 31. Praha 6, 162 52

cervinka@ftvs.cuni.cz