

VPLYV HYPEROXIE NA ZOTAVENIE V ŠPORTOVEJ GYMNASTIKE

**JURAJ KREMNIČÝ¹ – MARTIN PUPIŠ¹ - PAVOL PIVOVARNÍČEK¹ –
ALMIR ATIKOVIĆ²**

¹*Katedra telesnej výchovy a športu, FF, UMB, Banská Bystrica, Slovenská republika*
²*Faculty of Physical Education and Sport, University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina*

KLÚČOVÉ SLOVÁ: hyperoxia, zostava v prostných, zotavenie

PROBLÉM

Človek – športovec, je organizmus preferujúci prioritne aeróbny metabolizmus. Samozrejme, nároky športového zaťaženia vystavujú organizmu neraz silnému anaerobizmu, čo môže znižovať kvalitu nasledujúceho výkonu. Športovci hľadajú neraz spôsoby, ako potlačiť negatívne metabolické prejavy anaeróbného metabolizmu. Jednou z možných alternatív, by sa mohla javiť, inhalácia kyslíkových koncentrátov (hyperoxia), ktorá sa z pohľadu výskumov stala predmetom záujmu už hlboko v minulom storočí, keď viacerí autori (Bannister a Cunningham, 1954; Welch, 1982, 1987; Snell et al., 1986; Plet et al., 1992; Knight, 1996; Takafumi a Yasukouchi, 1997) skúmali vplyv hyperoxie na organizmus a to nielen u športovcov. Výskumy systematicky pokračujú aj v tomto storočí (Morris et al., 2000; Harms, 2000; Peltonen, 2001; Wilber, 2004, 2003; Kay et al., 2008; Suchý et al., 2008a,b, 2010; Pupiš et al., 2009, 2010a,b) pričom viacerí spomenutí autori vo veľkej miere potvrdili pozitívny vplyv hyperoxie na organizmus športovcov. Naopak Murphy (1986) nezaznamenal pozitívny vplyv inhalácie kyslíka na organizmus športovcov najmä pokiaľ išlo o strednodobé a dlhotrvajúce zaťaženie, podobne Robbins et al. (1992) a Yamyji - Shephard (1985) pri úsekoch krátkodobého submaximálneho alebo maximálneho zaťaženia. Máček (2011) dokonca označil tieto aktivity ako pochybné, pričom uvádza, že inhalácia kyslíkových zmesí môže zvýšiť množstvo kyslíka v krvi o 1 ml na 100 ml krvi. Keď si však uvedomíme, že 100 ml krvi obsahuje asi 20 ml kyslíka, je to zvýšenie až o 5 %. Máček (2011) ďalej ale pripúšťa, že vyrovnanie rovnováhy medzi O₂ a CO₂ trvá až do 12 hod od ukončenia zaťaženia, pričom niekoľko hodín trvá aj odstránenie nadmerného množstva laktátu v organizme. Rovnako je potrebné vnímať, že zvýšený prísun kyslíka v organizme by hypoteticky mohol urýchliť aj remetabolizáciu laktátu a to nielen v Coriho cykle.

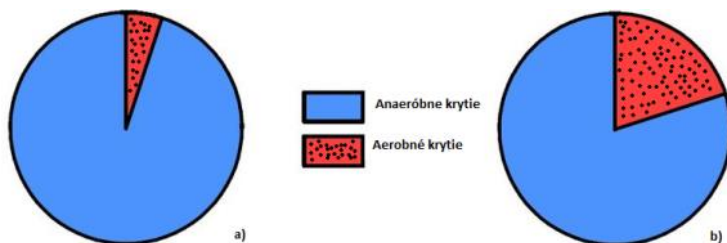
Športová teória zovšeobecňuje tvrdenie, že nedostatok kyslíka zhoršuje výkon a rovnako predlžuje zotavenie. V dôsledku tohto poznatku sa objavuje otázka, či to platí aj naopak. Dôvodom by mala byť zvýšená saturácia krvi a tkanív kyslíkom a nižšia anaerobizita pracujúcich svalov, ktorá urýchľuje následné zotavenie a návrat k východiskovým hodnotám (Haseler et al., 1999, Nummela et al., 2002). Jednorazové, alebo opakované krátkodobé aplikácie koncentrovaného kyslíka, alebo hyperoxických zmesí má

prechodný účinok na zvýšenú saturáciu tkanív kyslíkom, čo možno využiť pre urýchlenie regenerácie pri zaťaženiach prerušovaného typu (Nummela et al., 2002, Suchý a kol., 2008, 2010a,b). Pozitívny účinok hyperoxie klesá vplyvom dlžky zaťaženia, pretože organizmus sa nedokáže kyslíkom predzásobiť, dôvodom je obmedzená kapacita tkanív nadviazať nefyziologicky zvýšené množstvo kyslíka (Robbins et al., 1992). Yamaji a Shephard (1985) uvádzajú pretrvávajúce vplyvy inhalácie koncentrovaného kyslíka niekoľko desiatok sekúnd až niekoľko minút. Kato et al. (2004) potvrdili, že zaťaženie v hypoxických podmienkach narúša hladinu pH, čo vytvára predpoklad, že v podmienkach hyperoxie by mohlo dochádzať k efektívnejšej využitiu laktátu. Heigenhauser et al. (2006) potvrdili výrazný vzťah medzi akumuláciou laktátu a koncentráciou kyslíka vo vdychovanom vzduchu. Nummela et al. (2002) potvrdili výraznú závislosť medzi saturáciou krvi kyslíkom počas zaťaženia a koncentráciou inhalovaného kyslíka vo vdychovanom vzduchu.

Vieme, že pri intenzívnom svalovom zaťažení dochádza k produkcii kyseliny mliečnej ($C_3H_6O_3$), ktorá okamžite disociuje na laktát ($C_3H_5O_3$), teda laktátový anión (La^-) a vodíkový kation (H^+), ktorý je primárnou príčinou narušenia acidózy organizmu pri zaťažení. Samotný laktát dokáže ľudský organizmus resyntetizovať na glykogén. Havlíčková et al. (2008) potvrdzuje, že pri (po) práci anaeróbného charakteru musí byť zabezpečený dostatočný prísun kyslíka umožňujúci resyntézu energetických zdrojov a likvidáciu acidózy. V športovom tréningu je dôležité zosúladiť kvalitu a kvantitu. Pri udržaní kvality dochádza vplyvom kvantity k energetickému vyčerpaniu spojenému so svalovou slabosťou. Príčiny svalovej slabosti sú pravdepodobne komplexné. Pri krátkodobom intenzívnom zaťažení je dôležitým faktorom hladina fosfokreatínu, ktorá po prekročení individuálnej kritickej hranice výrazne klesá a naopak koncentrácia anorganického fosfátu stúpa (Jones, 2008). Anorganický fosfát môže vstupom do sarkoplazmatického retikula následným vyvážaním kalciového kationu významne ovplyvniť následnú svalovú kontrakciu (Allen et al., 2008). Kreatín je výhradne za aeróbnych podmienok refosforylovaný na vysokoenergetický fosfokreatín (Haseler et al., 1999) za súčasného zníženia anorganického fosfátu. Hyperoxia môže týmto spôsobom urýchľovať regeneráciu.

Športová gymnastika je charakteristická výraznou preferenciou anaeróbného metabolizmu (viac obrázok 1).

Preto sme sa rozhodli v našom výskume využiť kazuistiku, ako určité východisko pre ďalšiu aplikáciu hyperoxických zmesí v športe.



Obrázok 1 Energetické krytie pri preskoku a) a pri ostatných disciplínach v športovej gymnastike b)

Tento príspevok je súčasťou grantovej úlohy: VEGA 1/1175/12 „Vplyv hyperoxie na športový výkon a zotavenie v športe“.

CIEĽ

Cieľom prípadovej štúdie bolo zistenie využitia hyperoxie na urýchlenie metabolického zotavenia organizmu gymnastu po zostave v prostných.

METODIKA

Na zistenie nášho zámeru bol vybraný proband M.A. reprezentant Slovenska v športovej gymnastike seniorskej kategórie. Jeho základná somatometria v čase výskumu:

- vek: 22 rokov.
- telesná výška: 176 cm
- telesná hmotnosť: 71,3 kg
- BMI 23,0 %
- pomer pásu a bokov: 0,8
- čistá hmotnosť tela: 68,0 kg
- množstvo kostrového svalstva: 39,3 kg
- množstvo tuku: 3,3 kg
- percento tuku: 4,6 %

Zistenie metabolických prejavov po špecifickom výkone, zostave v prostných sme zisťovali pomocou analýzy hladiny krvného laktátu. Hodnoty krvného laktátu sme analyzovali pomocou prístroja Lactate Pro LT-1710, ktorý podľa výrobcu meria koncentráciu laktátu v kapilárnej krvi s presnosťou 3% (www.arkray.co.jp)

Výskum bol realizovaný v gymnastickej telocvični KTVŠ FF UMB Banská Bystrica 17. a 18.12.2013 počas doobedňajšej tréningovej jednotky v čase od 11:00. Teplota vzduchu v telocvični bola 21°C. V oboch meraniach sme dodržali rovnaký čas výskumu, teplotu v telocvični, rovnaké rozohriatie a rozcvičenie pred zostavou. Meranie hladiny laktátu v kapilárnej krvi sme

vykonávali po 1 minúte od skončenia zostavy v prostrných, následne po 3 min., 7 min., 15 min. a po 23 minúte. Začiatok druhej zostavy bol 30 min po ukončení prvej zostavy. Proband inhaloval kyslíkový koncentrát/placebo 5 min pred zostavou a následne prvých 5 min počas odpočinku.

Dňa 17.12.2013 sme po prvej zostave merali hladinu laktátu bez inhalácie koncentrovaného kyslíka. Po druhej zostave proband hneď inhaloval koncentrovaný kyslík z prístroja New Life Intensity 2x10 l, pričom sme mu podľa uvedenej metodiky sledovali hladinu laktátu. Dňa 18.12.2013 sme po prvej zostave merali hladinu laktátu s inhaláciou koncentrovaného kyslíka a po druhej zostave sme zisťovali hladinu laktátu bez inhalácie koncentrovaného kyslíka. Zásady výskumu boli v súlade s Helsinskou deklaráciou (www.wma.net).

VÝSLEDKY

Diagnostiku zaťaženia organizmu metabolickými prejavmi sme zisťovali na základe merania hladiny laktátu podľa stanovenej metodiky. Zistené hodnoty uvádzame v tabuľkách 1 a 2.

Obsah zostavy:

I. rada: z rozbehu dvojné salto vpred

II. rada: rondat – flik - salto vzad s obratom o 900°

III. rada: rondat – jeden a pol salta vpred do kotúľu – rozštep – špicar – premet vpred z hlavy

IV. rada: rondat - tempo salto - salto vzad s obratom o 540°

V. rada: premet vpred – salto vpred s obratom o 360°

Tabuľka 1 Hladiny laktátu merané 17.12.2013

Hladina laktátu	Bez O2	S O2
po 1 min.	8,5	8,6
po 3 min.	10,1	8,5
po 7 min.	7,5	6,8
po 15 min	4,7	3,5
po 23 min	2,7	1,9

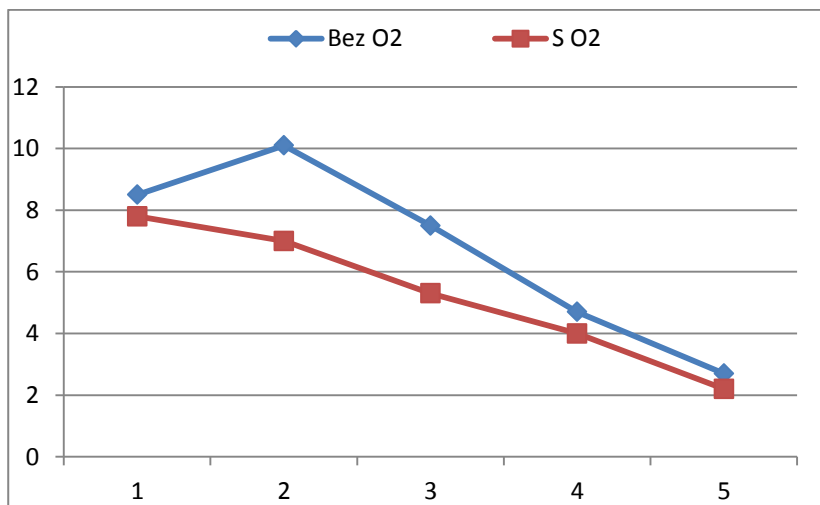
Ako vidíme v tabuľke 1, pri štyroch z piatich realizovaných meraní sme zaznamenali vyššiu nameranú hodnotu hladiny laktátu pri prvej zostave (bez inhalácie kyslíkového koncentrátu). Vyššia vstupná hodnota pri prvom meraní o 0,1 mmol.l⁻¹ môže byť zapríčinená vyššou hodnotou hladiny laktátu v dôsledku predchádzajúceho zaťaženia, kde sme zaznamenali hladinu laktátu po 23 min nad pokojovou úroveň. Vieme, že doznievanie anaeróbného zaťaženia presahuje 30 min, kedy sme začínali ďalšie meranie, takže tento jav je pochopiteľný.

Tabuľka 2 Hladiny laktátu merané 18.12.2013

Hladina laktátu	S O ₂	Bez O ₂
po 1 min.	7,8	13,9
po 3 min.	7	14,3
po 7 min.	5,3	13,3
po 15 min	4	9,6
po 23 min	2,2	3,6

Pri druhom meraní sme zaznamenali pri prvej zostave výrazne nižšie hladiny laktátu po ukončení zostavy (s využitím inhalácie kyslíkového koncentrátu) v porovnaní s nasledujúcou bez inhalácie kyslíkového koncentrátu (viac tabuľka 2).

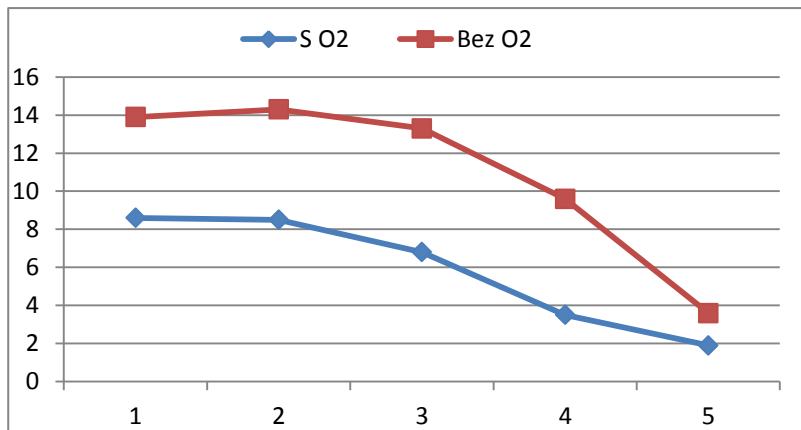
Pre lepšie dokreslenie sme v obrázkoch 1 a 2 porovnali prvú a druhú zostavu s využitím inhalácie kyslíka a bez inhalácie kyslíkového koncentrátu.



Obrázok 2 Porovnanie nameraných hodnôt laktátu po prvej zostave s využitím inhalácie kyslíka a bez využitia inhalácie kyslíka

Ako vidíme v oboch tabuľkách (1 a 2), pri porovnaní hodnôt hladiny laktátu, v oboch prípadoch bola koncentrácia laktátu pri inhalácii kyslíka nižšia, pričom výraznejší rozdiel sme zaznamenali pri meraní po druhej zostave. Na základe našich zistení môžeme konštatovať, že u nášho probanda môžeme predpokladať nižší podiel anaeróbného metabolického krytia pri zostave

nasledujúcej po inhalácii kyslíkového koncentrátu, s čím súvisí aj rýchlejšie zotavenie po zostave z hľadiska remetabolizácie laktátu.



Obrázok 3 Porovnanie nameraných hodnôt laktátu po druhej zostave s využitím inhalácie kyslíka a bez využitia inhalácie kyslíka

ZÁVER

Výsledky nášho výskumu poukazujú na fakt, že cieleňá inhalácia kyslíkových koncentrátov môže napomôcť remetabolizácii laktátu po zaťažení a teda aj urýchleniu zotavenia po zaťažení (v našom prípade zaťažení dominantne anaeróbného charakteru). Tento výskum bol realizovaný ako úvodná časť dlhodobého sledovania, keď sme sa predovšetkým pokúšali overiť metodiku a optimalizovať celý priebeh výskumu.

LITERATÚRA

ALLEN D.G., LAMB G.D., WERBALD H. Impaired calcium release during fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 104, 296-305.

BANNISTER, R.G., CUNNINGHAM, D.J.C. 1954. The effects on the respiration and performance during exercise of adding oxygen to the inspired air. *J. Physiol.*, 125 (1), 118-137.

HARMS C, MCCLARAN S, NICKELE G, PEGELOW D, NELSON W, DEMPSEY J. 2000. Effect of exercise-induced arterial O₂ desaturation on VO₂max in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2000;32:1101-8.

HASELER, L.J., HOGAN, M.C., RICHARDSON, R.S. 1999. Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. *Journal of Applied Physiology*, 86 (6), 2012-2018.

HEIGENHAUSER AND LAWRENCE L. SPRIET, TRENT STELLINGWERFF, PAUL J. LEBLANC, MELANIE G. HOLLIDGE, GEORGE

- J. F. 2006. Hyperoxia decreases muscle glycogenolysis, lactate production, and lactate efflux during steady-state exercise. *American Journal of Physiology – Endocrinology and Metabolism*. 290: E1180-E1190, 2006.
- HAVLÍČKOVÁ, L. et al. 2008. Fyziologie tělesné zátěže I. (obecná část). Praha : Karolinum. 2008.
- JONES A.M., WILKERSON D.P., DIMENNA F., FULFORD J., POOLE D. 2008. Muscle metabolic response to exercise above and below “the critical power” assessed using ³¹P-MRS. *American Journal of Physiology*, 294, 585-593.
- KAY B., STANNARD S.R., MORTON H. 2008. Hyperoxia during recovery improve peak power during repeated Wingate cycle performance. *Brasil Biomot.*, J 2, 92-100.
- KNIGHT D, POOLE D, HOGAN M, BEBOUT D, WAGNER P. 1996. Effect of inspired oxygen concentration on leg lactate release during incremental exercise. *Journal of Applied Physiology* 1996;81(1):246-51.
- MÁČEK, M. – RADVANSKÝ, J. et al. 2011. Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity. Praha: Galén. 245 s. ISBN 978-80-7260-695-3
- MORRIS, D.M., KEARNEY, J.T., BURKE, E.R. 2000. The effects of breathing supplement alosygen medicine altitude training on cycling performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3 (2), 165-175.
- NUMMELA, A., HAMALAINEN, I., RUSKO, H. 2002. Effect of hyperoxic on metabolic response and recovery in intermittent exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 12 (5), 309-315.
- PELTONEN J., TIKKANEN H., RUSKO H. 2001. Cardio respiratory responses to exercise in acute hypoxia, hyperoxia, and normoxia. *European Journal of Applied Physiology* 2001;85:82-8.
- PLET, J. PEDERSEN, P. JENSEN, F. HANSEN, J. 1992. Increased working capacity with hyperoxia in humans. *European Journal of Applied Physiology* 1992;65:171-7.
- PUPIŠ, M; ŠTIHEC, J; BRODŽANI, J. 2009. Vplyv inhalácie 99,5 % kyslíka na organizmus basketbalistov pri anaeróbnom zaťažení. *Exercitatio corporis - motus – salus. Slovak journal of sports sciences : slovenský časopis o vedách a športe*. ISSN 1337-7310.
- PUPIŠ M., RAKOVIĆ A., SAVANOVIĆ V., STANKOVIĆ S., KOCIĆ M., BERIĆ D. 2010. Hyperoxy as a form of anaerobic workload reduction on the elite basketball players, *Acta Kinesiologica*, 4, 45-48 a.
- ROBBINS M.K., GLEESON, K., ZWILLICH C.W. 1992. Effects of oxygen breathing following submaxima and maxima exercise on recovery and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24 (6), 720-725.
- SNELL, P.G. et al. (1986). Does 100% oxygen aid recovery from exhaustive exercise? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18 (2), Supplement 9.
- SUCHÝ, J., HELLER, J., VODIČKA, P., PECHA, J. 2008a. Vliv inhalace 99,5% kyslíku na opakovaný krátkodobý výkon maximální intenzity, *Česká kinantropologie*, 12 (2), 15-25 a.

- SUCHÝ, J., HELLER, J., VODIČKA, P., PECHA, J. 2008b. Možnosti ovlivnění reakční doby a jejich vliv na kvalitu pracovní zátěže u profesionálních řidičů. *Acta Universitatis Purkynianae, Studia Valetudinaria: Kvalita života II.*, UJEP: Ústí nad Labem, 194-202 b.
- SUCHÝ, J., NOVOTNÝ, J., TILINGER, P. 2010. Porovnání vlivu hyperoxie na krátkodobý anaerobní výkon v nížině a vyšší nadmořské výšce. *Studia Sportiva*, 1, 17-23 a.
- TAKAFUMI, M., YASUKOUCHI, A. 1997. Blood lactate disappearance during breathing hyperoxic gas after exercise in two different physical fitness groups – on the workload fixed at 70% VO₂. *Applied Human Science: Journal of Physiological Anthropology*, 16 (6), 249-255.
- WILBER, R.L. et al. 2003. Effect of FIO₂ on physiological responses and cycling performance at moderate altitude. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35 (7), 1153-1159.
- WILBER, R.L. et al. 2004. Effect of FIO₂ on oxidative stress during interval training at moderate altitude. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 (11), 1888-1894.
- YAMAJI, K., SHEPHARD, R.J. 1985. Effect of physical working capacity of breathing 100 percent O₂ during rest or exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 25 (4), 238-242.
- WELCH H.G. 1982. Hyperoxia and human performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(4), 253-62.
- WELCH H.G. 1987. Effects of hypoxia and hyperoxia on human performance. *Exercise and Sport Science Reviews* 15, 191-221.
- www.wma.net (retrieved on September 15, 2009)
- www.arkray.co.jp online: 10.10.2014

ZHRNUTIE

VPLYV HYPEROXIE NA ZOTAVENIE V ŠPORTOVEJ GYMNASTIKE

Výskum bol realizovaný formou kazuistiky. Objektom výskumu bol 22 ročný športový gymnasta, ktorý absolvoval v priebehu dvoch dní vždy dve zostavy na prostrných s odpočinkom 30 min. Prvé meranie absolvoval tak, že inhaloval placebo a následne absolvoval zostavu, po ktorej sme mu v 1., 3., 7., 15. a 23. min po ukončení zaťaženia merali hladinu laktátu. Po poslednom meraní začal inhalovať kyslíkový koncentrát a nasledovala rovnaká zostava po ktorej sme mu rovnakou metodikou merali hladinu laktátu. Ďalší deň absolvoval rovnaké zaťaženie, s tým, pri prvej zostave bol aplikovaný kyslík a pri druhej placebo. Výsledky poukazujú na nižšie anaeróbne krytie po inhalácii kyslíka a rýchlejšiu remetabolizáciu laktátu v porovnaní s inhaláciou placebo.

SUMMARY

IMPACT OF HYPEROXIA FOR RECOVERY IN GYMNASTICS

The research was realized by case studies. The object of the research was 22 years old gymnast who graduated during two days two sets on the floor exercises with 30 minute rest. During the first measurement a gymnast inhaled the placebo and subsequently he did the assembly, then we measured the lactate during 1,3,7,15 and 23 minutes after the end of the load. After the last measurement he started inhale concentrate of oxygen and followed the same assembly after which we used same methodology and we measured his lactate. The next day he did the assembly with same load, with those, that at the first assembly was applied the oxygen and during the other the placebo. The results showed lower anaerobic cover after inhalation of oxygen and faster remetabolisation of lactate compared to inhalation of the placebo.

KEY WORDS: hyperoxia, set on the floor exercise, recovery