VLIV KONTINUÁLNÍ INHALACE VZDUCHU SE ZVÝŠENOU KONCENTRACÍ KYSLÍKU NA PRŮBĚH ZATÍŽENÍ PŘI SPECIFICKÝCH TESTECH V LEDNÍM HOKEJI

EFFECTS OF CONTINUOUS OXYGEN INHALATION ON SPECIFIC ICE-HOCKEY TESTS

J. Suchý¹, M. Pupiš², J. Novotný³

¹Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu

²Univerzita Mateja Bela Banská Bystrica, Fakulta humanitních věd

³Sportovní centrum YMCA Praha, Zátěžová diagnostika a biochemie

ABSTRACT

The article summarizes the results of influence on the effect of continuous inhalation of concentrated oxygen on repeated short-term loads in ice hockey, carried out during breaks between such loads. A double-blind experiment was performed. The probands (n = 10) were tested twice over a period of four days; each testing session involved two specific tests at the ice hockey stadium, carried out during a maximal load lasting about 50 second, ending with a shot on the goal. Before each test and during the break between the tests, the subjects randomly inhaled either concentrated oxygen or placebo through a mask. The concentrated oxygen was supplied by an Everflo device. Placebo was inhaled from an identical mask with the device switched off. The investigation showed a significant effect of concentrated oxygen inhalation on acceleration in both the tests as well as on lower heart rate values during and after the load, compared to the inhalation of placebo. The change in post-load lactate concentration was not statistically significant. The results suggest the positive effect of continuous inhalation of concentrated oxygen in-between short-term loads in the described model load.

Keywords: hyperoxia; ice hockey; regeneration; short – term maximal performance; specific test

SOUHRN

Článek shrnuje účinky vlivu kontinuální inhalace koncentrovaného kyslíku na opakované krátkodobé zátěže v ledním hokeji v pauze mezi těmito zátěžemi. Pro ověření byla použita metoda „dvojitě slepého pokusu“. Probandi (n = 10) absolvovali v rozmezí čtyř dnů dvě testové baterie, z nichž každá zahrnovala dva specifické testy na ledové ploše v maximální intenzitě bruslení, zakončené střelbou na bránu v celkové době trvání přibližně 50 sec. Před každým zatížením a v pauze mezi nimi sledované osoby kontinuálně inhalovaly prostřednictvím masky v náhodném pořadí vzduch se zvýšenou koncentrací kyslíku nebo placebo (běžný vzduch). Zdrojem koncentrovaného kyslíku byl přístroj Everflo. Placebo bylo inhalováno z totožné masky, ale přístroj byl vypnutý. Výzkum prokázal signifikantní vliv inhalace zvýšené koncentrace kyslíku na zlepšení výkonnosti v obou testech (lepší časy a nižší hodnoty srdeční frekvence) při i po zátěži ve srovnání s inhalací placeba. Rozdíly v pozátěžové koncentraci laktátu nebyly statisticky signifikantní. Z výsledků lze usuzovat na pozitivní efekt kontinuální inhalace zvýšené koncentrace kyslíku mezi krátkodobými zátěžemi v daném modelovém zatížení.

Klíčová slova: koncentrovaný kyslík; lední hokej; regenerace; krátkodobé maximální zatížení; specifický test

Úvod

Ve sportovních hrách je jedním z rozhodujících kondičních faktorů ovlivňujících schopnost adaptace hráče na vícenásobně opakovaný cyklus střídání krátkodobého maximálního zatížení a odpočinku. Rychlost a kvalita regeneračních procesů v průběhu odpočinku výrazně ovlivňuje akceschopnost v následujícím zatížení. Prostřednictvím inhalace obo-

haceného vzduchu lze zvýšit nabídku kyslíku pracujícím svalům, a proto se experimentuje, převážně ve vrcholovém sportu, s využíváním různých vyšších koncentrací s cílem zvýšení výkonnosti a urychlení regenerace

Hollmann a Hettinger (1990) uvádějí, že při inhalaci kyslíku o koncentraci 90 % až 100 % lze při zátěži zvýšit aktuální VO_2 o 10 %. Z těchto

důvodů je možné po inhalaci kyslíku s vyšší než běžnou koncentrací zvýšit intenzitu zatížení v porovnání s běžnými podmínkami.

V návaznosti na naše předchozí výzkumy (Suchý a kol. 2010a, b, c; Pupiš a kol. 2010, 2011), zkoumající intermitentní inhalaci, jsme se v rámci mezinárodního výzkumu zaměřili na verifikaci vlivu kontinuální inhalace koncentrovaného kyslíku/placeba na průběh regenerace a zatížení, které jsou obvyklé při utkání v ledním hokeji. Zdrojem pro kontinuální inhalaci koncentrovaného kyslíku byl kyslíkový koncentrátor Everflo výrobce Philips (www.healthcare.philips.com), který na Slovensku distribuuje firma Oxygenic (www.oxygenic.sk). Mobilní přístroj Everflo váží 14kg a je primárně určen k domácí oxygenové terapii u pacientů s chronickými plicními nemocemi.

Shrnutí vybraných publikovaných poznatků

Pozitivní přínosy inhalace koncentrovaného kyslíku na sportovní výkon prezentovali např.: Bannister a Cunningham (1954), Welch (1982, 1987) Snell et al. (1986), Takafumi a Yasukouchi (1997), Morris et al. (2000), Wilber (2003, 2004). Pozitivní účinky intermitentní inhalace koncentrovaného kyslíku na krátkodobý výkon a regeneraci jsme publikovali na příkladu u hokejistů (Suchý a kol., 2010a, 2008), lyžařů - běžců (Suchý a kol., 2010b) a basketbalistek (Pupiš a kol. 2010, 2011; Suchý a kol. 2010c). Některé studie naopak přínosy pro sportovní využití nepotvrzují (např. Murphy, 1986), zejména u střednědobých a déletrvajících zatížení, nebo naopak u krátkodobého submaximálního nebo maximálního zatížení (Robbins et al., 1992; Yamaji a Shephard, 1985).

Výsledky výzkumů se shodují na skutečnosti, že inhalace hyperoxické směsi pozitivně ovlivňuje bezprostředně následující výkon o maximální délce trvání dvě až tři minuty. Důvodem je zvýšená saturace krve a tkání kyslíkem a z toho plynoucí nižší anaerobiozita pracujících svalů, která urychluje následné zotavení a návrat k výchozím hodnotám (Haseler et al., 1999; Nummela et al., 2002).

Metaanalýza Todda a Roberts (2003) shrnuje výsledky řady studií vlivu inhalace zvýšené koncentrace kyslíku na výkonnost. Doposud bylo publikováno několik studií s obdobným designem (např. Kay et al., 2008; Nummela et al., 2002; Pupiš a kol., 2010, 2011; Robbins et al., 1992; Suchý a kol., 2010a, b, c, 2008; Takafumi a Yasukouchi, 1997), který byl realizován v rámci naší studie.

Na seznamu zakázaných prostředků publikovaných WADA inhalace koncentrovaného kyslíku není uvedena (www.antidoping.cz).

Cíle a hypotézy

Cílem výzkumu bylo ověřit vliv kontinuální inhalace zvýšené koncentrace kyslíku produkovaného přístrojem Everflo na průběh testové baterie simulující část utkání v ledním hokeji. Konkrétně

jsme se zaměřili na dosažené časy, změny koncentrace laktátu a hodnoty srdeční frekvence (SF) při dvou krátkodobých maximálních zátěžích a průběh regenerace po jejich ukončení. V návaznosti na cíle výzkumu jsme stanovili tři nulové hypotézy:

H1: krátkodobá kontinuální inhalace zvýšené koncentrace kyslíku má pozitivní vliv na čas, za který je absolvován specifický hokejový test,

H2: krátkodobá kontinuální inhalace zvýšené koncentrace kyslíku má vliv na snížení hodnot SF v průběhu a po ukončení testu,

H3: krátkodobá kontinuální inhalace zvýšené koncentrace kyslíku má vliv na urychlení průběhu regenerace po ukončení specifického hokejového testu posuzované prostřednictvím dynamiky poklesu laktátu v kapilární krvi.

Metodika

Stanovené hypotézy byly experimentálně ověřovány prostřednictvím kontinuální inhalace zvýšené koncentrace kyslíku/placeba za využití speciálního přístroje Everflo, který dle tvrzení výrobce produkuje maximálně 5l vzduchu s koncentrací kyslíku 93 ± 3 % za minutu. Rozdíl mezi celkovou inspirací a omezenou kapacitou přístroje Everflo byl kompenzován z otvorů v inhalační masce. Placebo (běžný vzduch) byl inhalován pouze z otvorů v masce a hadice, která ležela vedle zapnutého (z důvodu hlučnosti) přístroje Everflo umístěného mimo zorné pole testovaných.

Zatížení v zápase ledního hokeje bylo simulováno prostřednictvím modifikovaného standardního testu kondičního bruslení po speciální dráze vytyčené na ledové ploše (Bukač a Dovalil, 1990). Schématický náčrt pohybu na ledě v průběhu testu uvádí obr. 1. Zvolili jsme design dvojitého slepého pokusu. Obě testové baterie proběhly dvakrát v rozmezí 4 dnů (Nové mesto nad Váhom, 27. a 31. ledna 2012), tak, aby mezi nimi byla umožněna dostatečná regenerace. Obě testové baterie byly identické a zahrnovaly dva specifické kondiční testy na ledě, mezi nimiž hokejisté kontinuálně inhalovali v náhodném pořadí zvýšenou koncentraci kyslíku nebo placebo. Během sledování nebylo probandům, ani nikomu z obsluhujícího personálu známo, zda je inhalován koncentrovaný kyslík nebo placebo.

Před zahájením testování byli všichni účastníci podrobně poučeni jak inhalovat a také, že musí všechny testy absolvovat s maximálním úsilím. Instruktáž byla usnadněna skutečností, že probandi absolvovali obdobný test v rámci svých tréninků již mnohokrát. V průběhu testů byli všichni probandi aktivně verbálně motivováni členy realizačního týmu. Po ukončení testové baterie bylo zařazeno krátké regenerační zatížení na ledě (cca 10 min.). Průběh testovací baterie uvádí obrázek č. 2.

Po ukončení druhé testové baterie jsme se probandů dotazovali, kdy podle jejich názoru inhalovali placebo a kdy koncentrovaný kyslík.

Obrázek 1. Schéma pohybu na ledě v průběhu testu
Figure 1. Scheme of the movement on ice during the test

SF byla kontinuálně zaznamenávána pomocí systému Polar team 2 (www.polar.fi) Pro jednodušší vyhodnocení byly v programu evidovány počátky i ukončení testů. Na základě vyhodnocení zaznamenaných intervalů byly následně automaticky spočítány průměrné i maximální hodnoty SF. Hodnoty koncentrace laktátu byly analyzovány za využití přístroje SenzoStar GL30 touch, který dle tvrzení výrobce (www.diasys-diagnostics.com) měří s variačním koeficientem < 2,5 % při 24 vzorcích (každý z nich o objemu 90 mg.dl⁻¹).

Naměřené hodnoty byly zpracovány do podrobného protokolu, který zahrnoval data naměřená

v jednotlivých testech za experimentálních a kontrolních podmínek a jejich rozdíly. Dosažené časy, změny koncentrace laktátu a hodnot SF jsme porovnávali standardními popisnými statistickými metodami: aritmetický průměr $\bar{x}$, směrodatná odchylka s_x , průměrná změna d dle Blahuše (2000) a relativní změna d_r uváděná v procentech. Shodu nebo statisticky významnou rozdílnost středních sledovaných veličin získaných při inhalaci placeba a kyslíku jsme zjišťovali pomocí jednostranného párového Studentova t-testu. V souladu s doporučením APA (2009) jsme také posuzovali věcnou významnost rozdílů sledovaných veličin prostřed-

nictvím Cohena účinku $d_x = \bar{d}/S_x$ (Hendl, 2004) a dále v jeho modifikované podobě $d_d = \bar{d}/S_d$, kde S_d = směrodatná odchylka rozdílů hodnot sledované veličiny. V souladu s Hendlem (2004) používáme pro jednodušší interpretaci získaných údajů následující konvenční hodnoty $d_d > 0,8$ = velký; 0,5 až 0,8 = střední; 0,2 až 0,5 = malý; < 0,2 = slabý účinek.

Obrázek 2. Průběh testování
Figure 2. Test schedule

Tabulka 1. Charakteristika probandů (n = 10)
Table 1. Proband characteristics (n = 10)

	věk [roky] age [years]	výška (height) [cm]	váha (weight) [kg]
průměr (average)	19,4	181,9	77,0
směrodatná odchylka (standard deviation)	3,03	9,35	8,94

Získané výsledky uvádíme formou souhrnných tabulek (2, 3, 4). K analýze i zpracování dat byl použit program Microsoft Excel 2007.

Průběh výzkumu je v souladu s Helsinskou deklarací (www.wma.net); jeho design byl schválen Etickou komisí UK FTVS. Před testováním probandi signovali infor-movaný souhlas s účastí.

Výzkumný soubor

Testování bylo realizováno na dobrovolnících – hráčích ledního hokeje (n=10), kteří hrají druhou nejvyšší slovenskou soutěž (tab. 1). V průběhu experimentu dle svého tvrzení disponovali všichni zúčastnění dobrým zdravotním stavem. Výzkum byl realizován v soutěžním období, takže tréninkové zatížení probandů bylo přibližně 15 hodin za sedmidenní mikrocyklus.

Výsledky

Měření proběhlo v souladu se stanoveným designem výzkumu. U všech zúčastněných se podařilo získat všechny požadované ukazatele. Dle vlastního tvrzení i expertního posouzení členů realizačního týmu se všichni probandi snažili ve všech testech podat maximální výkon. Průměrné

hodnoty laktátu získané po ukončení všech testů potvrzují, že sledovaní absolvovali všechny zátěže s plným nasazením. Také zjištěné hodnoty SF odpovídají maximálnímu zatížení.

V obou testech absolvovaných po kontinuální inhalaci vzduchu se zvýšenou koncentrací kyslíku dosahovali probandi lepších časů v porovnání s inhalací placebo (tab. 2). Po inhalaci koncentrovaného kyslíku dosahovali probandi průměrně lepších časů (v prvním testu o 3,4 % a ve druhém o 2,6 %).

Zjištěné hodnoty SF (tab. 3) také dokumentují (na hladině významnosti $p < 0,05$) pozitivní vliv kontinuální inhalace koncentrovaného kyslíku na snížení průměrné hodnoty SF při zátěži i odpočinku, s výjimkou maximální SF při druhém testu. Nižší SF ukazuje na větší podíl aerobního krytí v průběhu obou testů po inhalaci koncentrovaného kyslíku. Nižší SF v pauze a po druhém testu ukazuje na lepší regeneraci a z toho plynoucí zahájení další zátěže s vyšší úrovní regenerace po inhalaci koncentrovaného kyslíku v porovnání s inhalací vzduchu o běžné koncentraci.

Tabulka 2. Časy dosažené v obou testech za experimentálních (kyslík) a kontrolních (placebo) podmínek, statistická významnost rozdílu změny vybraných parametrů
Table 2. Time in the both tests under experimental (oxygen) and control (placebo) conditions and statistical difference

charakteristika/ hodnota (characteristic / value) [t]	čas v prvním testu (time in first test)	čas ve druhém testu (time in second test)
průměr placebo (average placebo)	49,5	50,7
průměr kyslík (av. oxygen)	47,8	49,4
% rozdíl placebo – kyslík (% diff. average – placebo - oxygen)	-3,4%	-2,6%
směrodatná odchylka placebo (st. dev. placebo)	2,1	2,2
směrodatná odchylka kyslík (st. dev. oxygen)	2,3	1,8
T test	0,01	0,04

Tabulka 3. Hodnoty SF [tepy.min⁻¹] v průběhu a ukončení obou testů za experimentálních (kyslík) a kontrolních (placebo) podmínek, statistická a věcná významnost rozdílu změny vybraných parametrů
Table 3. Heart rate values [beats.m⁻¹] during and at the end of both tests under experimental (oxygen) and control (placebo) conditions; statistical and objective significance of difference of selected parameter change

charakteristika/ hodnota [tepy.min ⁻¹] (characteristic / value [HR.min ⁻¹])	průměr - 3 až 0 min. (average)	I. test průměr (average)	I. test max. TF (max HR)	I. test průměr 1. min odpočinek (1. min rest)	I. test průměr 2. min odpočinek (2. min rest)	I. test průměr 3. min odpočinek (3. min rest)
průměr placebo (average placebo)	109,0	173,5	183,8	149,4	133,9	126,6
průměr kyslík (av. oxygen)	105,0	168,9	180,0	145,0	128,5	119,8
% rozdíl placebo – kyslík (% diff. average placebo - oxygen)	-3,7%	-2,7%	-2,1%	-2,9%	-4,0%	-5,4%
směrodatná odchylka placebo (st. dev. placebo)	9,5	7,8	8,0	12,6	13,7	12,3
směrodatná odchylka kyslík (st. dev. oxygen)	10,9	7,6	9,0	12,2	14,5	14,7
T test	0,11	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
d	4,0	4,6	3,8	4,4	5,4	6,8
dr	0,9%	0,7%	0,5%	0,7%	1,0%	1,4%
dx	0,10	0,15	0,11	0,09	0,10	0,13
dd	0,42	0,79	0,76	0,96	0,74	0,76

charakteristika/ hodnota [tepy.min ⁻¹] (characteristic / value [HR.min ⁻¹])	II. test průměr (average)	II. test max. TF (max HR)	II. test průměr 1. min odpočinek (1. min rest)	II. test průměr 2. min odpočinek (2. min rest)	II. test průměr 3. min odpočinek (3. min rest)
průměr placebo (av. placebo)	171,1	180,4	152,6	131,9	123,5
průměr kyslík (av. oxygen)	167,6	178,3	149,9	127,5	119,2
% rozdíl placebo–kyslík (% diff. av. – placebo)	-2,0%	-1,2%	-1,8%	-3,3%	-3,5%
směrodatná odchylka placebo (st. dev. placebo)	7,9	7,7	10,7	14,4	14,6
směrodatná odchylka kyslík (st. dev. oxygen)	8,9	8,1	10,6	15,1	15,7
T test	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02
d	3,5	2,1	2,7	4,4	4,3
dr	0,5%	0,3%	0,4%	0,8%	0,9%
dx	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07
dd	0,76	0,55	0,74	0,77	0,79

Věcná významnost účinku inhalace koncentrovaného kyslíku na všechny průměrné hodnoty SF byla střední až velká.

Kontinuální inhalace koncentrovaného kyslíku před a mezi testy neměla (na hladině významnosti

p<0,05) vliv na žádnou z měřených průměrných koncentrací laktátu (tab. 4). Také věcná významnost změn koncentrace laktátu byla na hladině malého účinku.

Tabulka 4. Koncentrace laktátu v krvi [mmol.l⁻¹] po obou testech za experimentálních (kyslík) a kontrolních (placebo) podmínek, statistická a věcná významnost rozdílu změny vybraných parametrů
Table 4. Blood lactate concentrations [mmol.l⁻¹] after both tests under experimental (oxygen) and control (placebo) conditions; statistical and objective significance of difference of selected parameter change

charakteristika/ hodnota (characteristic / value) [mmol.l ⁻¹]	klidový laktát (lactate at rest)	laktát ihned po I. testu (lactate after I. test)	laktát 3,5 min. po I. testu (lactate 3,5 min. after I. test)	laktát ihned po II. testu (lactate after II. test)	laktát 3,5 min. po II. testu (lactate 3,5 min. after I. test)	laktát 5,5 min. po II. testu (lactate 5,5 min. after I. test)	laktát 9,5 min. po II. testu (lactate 9,5 min. after I. test)
průměr placebo (average placebo)	1,3	6,9	10,7	12,1	13,6	13,6	13,4
průměr kyslík (av. oxygen)	1,1	6,4	10,5	12,4	13,2	13,3	12,7
% rozdíl placebo – kyslík (% diff. average – placebo - oxygen)	-16,2%	-7,0%	-1,6%	-0,5%	-2,7%	-2,6%	-5,2%
směrodatná odchylka placebo (st. dev. placebo)	0,5	1,5	2,0	1,8	1,9	2,3	2,9
směrodatná odchylka kyslík (st. dev. oxygen)	0,2	1,0	2,0	2,1	2,5	2,6	2,7
T test	0,14	0,21	0,41	0,47	0,28	0,33	0,28
d	0,2	0,5	0,2	0,1	0,4	0,4	0,7
dr	4,4%	1,8%	0,4%	0,1%	0,7%	0,7%	1,3%
dx	0,14	0,10	0,02	0,01	0,04	0,04	0,06
dd	0,39	0,29	0,08	0,03	0,21	0,16	0,20

Průměrné hodnoty SF a laktátu změřené v prvních třech minutách před prvním testem za experimentálních i kontrolních podmínek není možné hodnotit, protože s ohledem na průběh příprav nebyli všichni probandi srovnatelně v klidu (tzn. po celou dobu neseděli na střídačce), jak jsme původně předpokládali.

Šest z deseti sledovaných na otázku, kdy inhalovali koncentrovaný kyslík, uvedlo testovací baterii v rámci, které inhalovali placebo. Sledování tedy nebyli schopni rozlišit, kdy inhalují placebo a kdy koncentrovaný kyslík.

Diskuse

Vztah mezi hyperoxií a krátkodobým zatížením i regenerací vychází z fyziologických principů energetiky svalové kontrakce a relaxace, ale zatím není dostatečně detailně popsán. Po fyzické zátěži přesahující určitou individuální kritickou hranici se dříve či později objevuje svalová slabost (Kay et al., 2008; Jones et al., 2008), která může být stanovována např. snížením výkonu jako funkce času během specifického zátěžového testu (Enoka a Duchateau, 2007). Příčiny svalové slabosti jsou pravděpodobně komplexní, významným faktorem se zdá být hladina fosfokreatinu, která po překročení individuální kritické hranice významně klesá a naopak koncentrace anorganického fosfátu stoupá (Jones et al., 2008). Anorganický fosfát může vstupem do sarkoplazmatického retikula následným vyvázáním kalciových kationtů vy-

znamně ovlivnit následnou svalovou kontrakci (Allen et al., 2008). Kreatin je výhradně za aerobních podmínek refosforylován na vysoko-energetický fosfokreatin (Haseler et al., 1999) za současného snížení anorganického fosfátu. Hyperoxie může tímto způsobem urychlovat regeneraci.

Pozitivní účinek hyperoxie klesá vlivem délky zatížení, protože organismus se nedokáže kyslíkem předzásobit, důvodem je omezená kapacita tkání navázat nefyziologicky zvýšené množství kyslíku (Robbins et al., 1992). Yamaji a Shephard (1985) uvádějí vliv inhalace koncentrovaného kyslíku maximálně po dobu několika desítek sekund.

Testovaný model zatížení přibližně představuje situace opakovaného 50 až 60 sec. trvajících sportovně specifického zatížení s neúplnou, či nedostatečnou regenerací, které běžně nastávají v průběhu utkání v ledním hokeji. Reálný průběh utkání je ovšem obvykle ovlivněn řadou různých technicko-taktických faktorů.

Vhodnější by bylo výsledky ověřit na větší skupině testovaných osob, ale z technicko-organizačních důvodů bývá tento typ výzkumů obvykle realizován na malých skupinách (Todd a Roberts, 2003). Hlavním důvodem jsou značné problémy se získáním většího počtu sportovců na odpovídající srovnatelné výkonnosti úrovni, kteří absolvují přibližně obdobné tréninkové zatížení.

Standardně je koncentrovaný kyslík z přístroje v klidu inhalován prostřednictvím dvou trubiček umístěných do nosních dírek. Pro potřeby jedno-

duché opakované inhalace na hokejové střídačce jsme využili masku (kryjící část obličeje) s malými otvory, kterými proband inhaluje nejen koncentrovaný kyslík/ placebo, ale také okolní vzduch.

Za kritickou část výzkumu považujeme skutečnost, jakou koncentraci kyslíku probandi přesně inhalovali. Tento údaj by bylo možné zjistit komparací individuální maximální volní ventilace s 5l kyslíku produkovanými přístrojem o koncentraci 93 ± 3 % za minutu. Při přibližném výpočtu, ve kterém expertně uvažujeme (maximální) volní inspiraci průměrně 60l za minutu (z toho 55l běžného – 20,9% kyslíku a 5l obohaceného vzduchu – 93% kyslíku) je odhadovaná inhalovaná koncentrace kyslíku cca 27 %.

Podle našeho názoru by bylo vhodné obdobný experiment zopakovat za inhalace vzduchu s více obohaceným kyslíkem než byl použit v námi realizovaném výzkumu.

Závěry

V souladu s výsledky obdobných předchozích studií (Gabrys a Smatljan-Gabrys, 1999; Pupiš a kol., 2010, 2011; Suchý a kol., 2010a, b, c, 2008; Wilber, 2003, 2004) námi realizovaná studie také dokládá pozitivní vliv hyperoxie na zlepšení výkonnosti v krátkodobém specifickém testu i urychlení regenerace po jeho ukončení.

Na základě testování vlivu kontinuální inhalace koncentrovaného kyslíku na výsledky opakovaných specifických hokejových testů jsme zjistili, že v porovnání s inhalací placebo (běžný vzduch):

- inhalace koncentrovaného kyslíku před testy má pozitivní vliv na čas, za který byly absolvovány, tj. hypotéza H1 byla potvrzena,
- inhalace koncentrovaného kyslíku vliv na nižší hodnoty SF v průběhu a po ukončení testu, tj. hypotéza H2 byla potvrzena,
- inhalace koncentrovaného kyslíku nemá vliv na koncentraci laktátu v kapilární krvi po testu, tj. hypotéza H3 nebyla potvrzena.

Na základě prezentovaného výzkumu se domníváme, že by bylo vhodné využívat ve sportu tento povolený způsob zlepšení výkonnosti mezi opakovanými krátkodobými zátěžemi ve větším rozsahu, než je tomu podle našeho názoru v současné době.

Literatura

Allen, D., G., Lamb, G., D. Werbald, H. (2008). Impaired calcium release during fatigue. *J. Appl. Physiol.* 104, p. 296-305.
American psychological association (APA) (2009). Publication manual of the American Psychological Association, 6th edition. Washington DC: APA.
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), p. 118-137.

Enoka, R., Duchtaeau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J. of Physiol.* 586, p. 11-23.
Gabrys, T., Smatljan-Gabrys, U. (1999). Prime-nenie kislороda kak ergogeniceskogo sredstva v an-aerobnyh glikolitieskikh nagruzkach u sportsmenok i sportsmenov. *Teorija i praktika fiziceskoj kul'tury.* 6, p. 19-23.
Haseler, L., J., Hogan, M., C., Richardson, R., S. (1999). Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. *J. Appl. Physiol.* 86 (6), p. 2012-2018.
Hendl, J. (2004). Přehled statistických metod zpracování dat, analýza a metaanalýza dat. Praha: Portál.
Hollman, W., Hettinger, T. (1990). Sportmedizin. Arbeits und Trainingsgrundlagen. Stuttgart: Schattauer Verlag.
Jones, A., M., Wilkerson, D., P., Dimmena, Fulford J., Poole, D. (2008). Muscle metabolic response to exercise above and below „the critical power” assessed using 31P-MRS. *Am. J. Physiol.* 294, p. 585-593.
Kay, B., Stannard, S., R., Morton, H. (2008). Hyperoxia during recovery improves peak power during repeated Wingate cycle performance. *Brasil. J. Biomot.* 2, p. 92-100.
Morris, D., M., Kearney, J., T., Burke, E., R. (2000). The effects of breathing supplemental oxygen medicine altitude training on cycling performance. *J. of Sci. and Med. in Sport.* 3 (2), p. 165-175.
Murphy, C., L. (1986). Pure oxygen doesn't help athlete's recovery. *Physician Sportsmed.* 14 (12), p. 31-38.
Nummela, A., Hamalainen, I., Rusko, H. (2002). Effect of hyperoxic on metabolic response and recovery in intermittent exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 12(5), p. 309-315.
Pupiš, M., Babaríková Z., Brunerová, L., Suchý, J. (2011). Vliv hyperoxie na úspěšnost střelby a průběh regenerace v basketbalu, *Česká kinantropologie* 15 (1), s. 17-25.
Pupiš, M., Raković, A., Savanović, V., Stanković, S., Kocić, M., BERIC, D. (2010). Hyperoxy as a form of anaerobic workload reduction on the elite basketball players, *Acta Kinesiologica*, 4, p. 45-48.
Robbins, M., K., Gleeson, K., Zwillich, C., W. (1992). Effects of oxygen breathing following submaxima and maxima exercise on recovery and performance. *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (6), p. 720-725.
Snell, P., G. et al. (1986). Does 100% oxygen aid recovery from exhaustive exercise? *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 18 (2), Supplement 9.
Suchý, J., Heller, J., Bunc, V. (2010). The effect of inhaling concentrated oxygen on performance during repeated anaerobic exercises, *Biology of Sport* 27 (3), p. 169-175 a

- Suchý, J., Novotný, J., Tilinger, P. (2010). Porovnání vlivu hyperoxie na krátkodobý anaerobní výkon v nížině a vyšší nadmořské výšce, *Studia Sportiva*. 1, s. 17-23. b
- Suchý, J., Pupiš, M. (2010). Využitie inhalácie koncentrovaného kyslíka pri krátkodobom zaťažení basketbalistiek, *Exercitatio corporis-motus-salus* 2, p. 81-88. c
- Suchý, J., Heller, J., Vodička, P., Pecha, J. (2008). Vliv inhalace 99,5% kyslíku na opakovaný krátkodobý výkon maximální intenzity, *Česká kinantropologie* 12 (2), s. 15-25
- Takafumi, M., Yasukouchi, A. (1997). Blood lactate disappearance during breathing hyperoxic gas after exercise in two different physical fitness groups – on the work load fixed at 70% VO₂. *Applied Human Sci.: J. of Phys. Anthropology*. 16 (6), p. 249-255.
- Todd, A., A., Roberts, A., R. (2003). Effect of hyperoxia on maximal oxygen uptake, blood acid base balance, and limitations to exercise tolerance. *J. of Exerc. Phys.* 6, p. 8-20.
- Wilber, R., L. et al. (2003). Effect of FIO₂ on physiological responses and cycling performance at moderate altitude, *Med. and sci. in sports and exerc.* 35(7), p. 1153-1159.
- Wilber, R., L. et al. (2004). Effect of FIO₂ on oxidative stress during interval training at moderate altitude, *Med. and sci. in sports and exerc.* 36 (11), p. 1888-1894.
- Yamaji, K., Shephard, R., J. (1985). Effect of physical working capacity of breathing 100 percent O₂ during rest or exercise. *J of Sports Med. and Phys. Fitness*. 25(4), p. 238-242.
- Welch, H., G. (1982). Hyperoxia and human performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14 (4), p. 253-262.
- Welch, H., G. (1987). Effects of hypoxia and hyperoxia on human performance. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 15, p. 191-221.
- www.antidoping.cz/documents/svetovy_antidopingovy_kodex_2012_zakazane_latky_a_metody.pdf [on line, 4. října 2012]
- <http://www.diasys-diagnostics.com/products/instruments/poct-systems/glucoselactatehemoglobin-analyzers/> [on line, 4. října 2012]
- www.healthcare.philips.com/pwc_hc/main/homehealth/respiratory_care/everflo/pdfs/EverFlo_brochure.pdf [on line, 4. října 2012]
- www.oxygenic.sk [on line, 16. ledna 2012]
- www.polar.fi/en/b2b_products/team_sports/polar_team2_pro [on line, 4. října 2012]
- www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/ [on line, 4. října 2012]
- doc. PhDr. Jiří Suchý, Ph.D.**
Univerzita Karlova v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
162 52, José Martího 31, Praha – 6
www.jirisuchy.cz
email@jirisuchy.cz