

Porovnání vlivu hyperoxie na krátkodobý anaerobní výkon v nížině a vyšší nadmořské výšce

Comparison of the Influence of Hyperoxia on Short-term Performance at Low and Higher Altitudes

Jiří Suchý¹, Jiří Novotný², Pavel Tilinger¹

¹Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu

²Centrum Hypoxico, Altitude training system, Praha

Abstrakt

Článek srovnává vliv inhalace koncentrovaného kyslíku na krátkodobý opakovaný výkon v nížině a vyšší nadmořské výšce (1 835 m n.m.). Zdrojem koncentrovaného kyslíku byl přípravek Oxyfit. Probandi (n=10) absolvovali celkem čtyři testování, která zahrnovala dva Wingate testy v rozmezí 10 minut. Dvě testování se uskutečnila v nížině a dvě ve vyšší nadmořské výšce. V rámci zotavné pauzy mezi testy inhalovaly sledované osoby Oxyfit nebo placebo (v nížině i vyšší nadmořské výšce).

Výzkum prokázal signifikantně ($p < 0,05$) vyšší výkon u opakovaného Wingate testu po inhalaci koncentrovaného kyslíku ve srovnání s placebem v nížině i vyšší nadmořské výšce. Inhalace koncentrovaného kyslíku ovlivní ve větší míře výkon ve vyšší nadmořské výšce v porovnání s nížinou.

Abstract

The article compares the influence of inhaling concentrated oxygen on short-term repeated performance in lowlands and at high altitudes above sea level (1 835 m a.s.l.). The source of concentrated oxygen was Oxyfit. The subjects (n=10) completed a total of four tests comprised of two Wingate tests at a 10 minute interval. Two tests were carried out at a low altitude and two at a higher altitude above sea level. During the recovery period between tests the monitored subjects inhaled Oxyfit or a placebo (at both the low and high altitudes).

The study showed significantly ($p < 0.05$) higher performance of the repeated Wingate test after inhaling concentrated oxygen in comparison with the placebo at both low and high altitudes. Inhalation of concentrated oxygen affects performance to a greater extent at the higher altitude compared to that of the low altitude.

Klíčová slova: koncentrovaný kyslík, hyperoxie, vyšší nadmořská výška, Wingate test, anaerobní kapacita

Keywords: concentrated oxygen, hyperoxia, high altitude above sea level, Wingate test, anaerobic capacity

Výzkum byl podpořen z prostředků výzkumného záměru MSM0021620864.

ÚVOD

Inhalace koncentrovaného kyslíku se využívá především k léčebným účelům při respiračních a oběhových potížích. Kyslíková terapie je také nedílnou součástí řešení akutních stavů nedostatku kyslíku v oblasti první pomoci. V posledních dvaceti letech se s různými vyššími koncentracemi kyslíku experimentuje také v oblasti vrcholového sportu.

Hyperoxie zvyšuje nabídku kyslíku pracujícím svalům, proto lze při hyperoxickém dýchání zvýšit intenzitu zatížení v porovnání s běžnými podmínkami. Hollmann a Hettinger (1990) dále zjistili, že při dýchání 90% až 100% kyslíku při zátěži je možné aktuální příjem kyslíku zvýšit přibližně o 10 %.

Hyperventilační symptomy a s nimi související respirační alkalózu (tachykardie, pocení, mravenčení, svalové spazmy nebo zkrácená reflexní doba) při aplikaci zvýšených koncentrací kyslíku nepozorovali. Matthys (1993) uvádí, že inhalace kyslíku s vyšší koncentrací vede ke zvýšení arteriálního parciálního tlaku kyslíku.

Pozitivní přínos inhalace koncentrovaného kyslíku na krátkodobý výkon v nížině jsme potvrdili v rámci pilotního výzkumu na skupině hokejistů (Suchý a kol., 2008). Trenéři národních týmů připravujících se na OH ve Vancouveru uvádějí pravidelné využívání hyperoxie ve vyšší nadmořské výšce (Suchý, 2009), ale studií zaměřených na ověření vlivu hyperoxie na výkon ve vyšší nadmořské výšce bylo zatím publikováno minimum. Z uvedených důvodů jsme se rozhodli porovnat vliv inhalace koncentrovaného kyslíku/placeba na krátkodobý anaerobní výkon v nížině a vyšší nadmořské výšce na skupině lyžařů (n=10). Jako zdroj koncentrovaného kyslíku byl využit 99,5% kyslík – Oxyfit a design šetření v nížině i vyšší nadmořské výšce byl obdobný jako výzkum Suchého a kol. (2008).

CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem studie bylo porovnat vliv inhalace koncentrovaného kyslíku na krátkodobý anaerobní výkon ve vyšší nadmořské výšce (Livigno, 1 835 metrů nad mořem) a nížině (Jilemnice, 485 m n.m.). Jako zdroj koncentrovaného kyslíku byl využit preparát Oxyfit. Placebo bylo inhalováno z lahví s totožným vzhledem jako Oxyfit.

V návaznosti na cíle šetření jsme stanovili následující hypotézy:

H0: inhalace koncentrovaného kyslíku nemá vliv na krátkodobý anaerobní výkon v nížině ani ve vyšší nadmořské výšce.

H1: inhalace koncentrovaného kyslíku pozitivně ovlivní krátkodobý anaerobní výkon ve vyšší nadmořské výšce ve větší míře než v nížině.

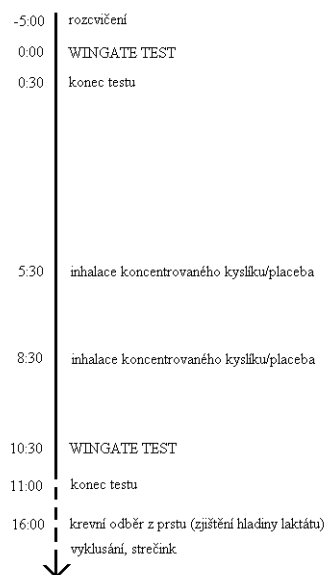
METODY

Pro ověření stanovených hypotéz jsme zvolili experimentální model inhalace koncentrovaného kyslíku/placeba z lahví Oxyfit v dávkování dle doporučení dovozce (Linde Gas a.s., www.oxyfit.cz) mezi dvěma opakovanými anaerobními výkony. Láhev s Oxyfitem obsahovala 99,5% kyslíku. Láhev s placebem byla naplněna běžným vzduchem (tzn. láhve s placebem byly plněny v nadmořské výšce 650 m n.m.).

Zvolili jsme design dvojitého slepého experimentu. Celé testování proběhlo dvakrát: ve vyšší nadmořské výšce (18. a 21. září 2009, Livigno – 1 835 m n.m.) a nížině (16. a 18. října 2010, Jilemnice – 485 m n.m.). Sportovci absolvovali v Livignu a poté Jilemnicích dvě na sobě nezávislá testování. Obě testování byla identická a zahrnovala dva Wingate testy, mezi nimiž podle standardní metodiky uváděné výrobcem na obalu inhalovali testovaní sportovci v náhodném pořadí Oxyfit a placebo z lahví s naprosto totožným obalem i inhalační maskou. Během sledování nebylo probandům, ani nikomu z obsluhujícího personálu známo, zda je inhalován Oxyfit nebo placebo. Před začátkem prvního testování byli vždy všichni účastníci stejně podrobně poučeni o tom, jak správně inhalovat. Při každém testování byla vždy pro každého probanda používána nově rozbalená láhev.

Schéma průběhu testování specifikuje obrázek č. 1, který je převzat ze studie Suchého a kol. (2008). Po ukončení testování následně ještě všichni účastníci absolvovali strečink a regenerační běh v nízké intenzitě zatížení (cca 15 min.).

Před vlastním testem jsme všechny vyšetřované osoby instruovali o nutnosti od samého začátku testu pracovat s maximálním úsilím a také, že v průběhu 30 sec. šlapání nelze uplatňovat žádnou strategii rozložení sil. Před prvním Wingate testem jsme individuálně (dle



Obr. 1 Schéma průběhu testování (Suchý a kol. 2008)

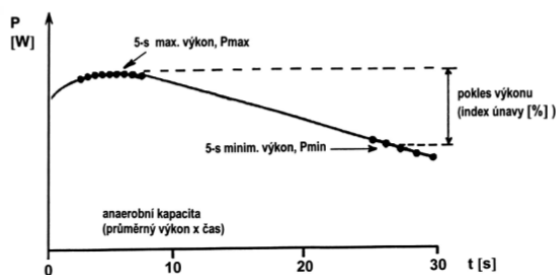
přání a zvyklostí vyšetřovaného) upravili polohu sedla a zafixovali nohy k pedálům. Individuální nastavení bylo zaznamenáno a následně použito pro všechny další testy dané osoby. Prvnímu testu předcházelo přibližně pět minut rozcvičení aerobního typu (se zatížením 1 až 2 W.kg⁻¹ tělesné hmotnosti), které mělo navodit centrální i periferní aktivaci.

K testování byl využit elektronicky řízený stacionární bicyklový ergometr typu SRM Training System (výrobce SRM GmbH Jülich, SRN, www.srm.de). Ergometr umožňuje dosahovat krátkodobých výkonů až 4 000 W v rozsahu 40 až 250 ot.min⁻¹. Pro vlastní Wingate test jsme využili režim konstantních otáček (frekvence byla nastavena na 90 ot.min⁻¹). Odpor ergometru je v tomto režimu přímo úměrný síle působící na pedál okamžitého i průměrného výkonu, případně také hodnot točivého momentu v každém okamžiku natočení pedálu. Všechna získaná data byla následně uložena do databáze. Co se týká techniky provedení testu, po krátkém zapracování v režimu nízkého konstantního výkonu (jízda v sedě) a následného přepnutí do modu konstantních otáček probandi absolvovali Wingate test vestoje.

Specializovaný software umožňuje také registraci srdeční frekvence a dosahovaných otáček. Během testu jsme u všech probandů využívali slovní motivaci a snažili se navodit soutěživou atmosféru, protože anaerobní testy jsou mnohdy závislé právě na motivaci vyšetřované osoby.

Z křivky výkonu stanoveného v jednotlivých otáčkách (obr. 2), která byla převzata ze studie Hellera a kol. (1991), byly stanoveny standardní parametry testu:

- maximální anaerobní výkon, tj. nejvyšší výkon v testu v libovolném pětisekundovém intervalu, který se hodnotí ve wattech, resp. relativně ve wattech na kilogram tělesné hmotnosti,
- minimální výkon, tj. nejnižší výkon v testu v libovolném pětisekundovém intervalu, který se hodnotí ve wattech, resp. relativně ve wattech na kilogram tělesné hmotnosti,
- průměrný výkon, tj. průměrný výkon za celou dobu testu, hodnotí se ve wattech, resp. relativně ve wattech na kilogram tělesné hmotnosti,
- index únavy vyjadřuje relativně v procentech rozdíl mezi maximálním a minimálním výkonem,
- anaerobní kapacita, která uvádí celkovou práci v testu, tj. součin průměrného výkonu a času, hodnotíme v kJ, resp. relativně joulech na kilogram tělesné hmotnosti,
- doplňkovými ukazateli testů byly koncentrace laktátu (zejména z hlediska přiměřené či nepřiměřené metabolické odezvy na celkově vykonanou práci v testu) a hodnoty srdeční frekvence (jako orientační ukazatel úsilí vynaloženého v průběhu testu), ale tyto údaje z důvodů rozsahu neuvádíme.



Obr. 2 Průběh výkonu ve Wingate testu v závislosti na čase (Heller a kol., 1991)

Sledované hodnoty pro každý jednotlivý Wingate test jsme zpracovali do podrobného protokolu. Výsledky dosažené ve Wingate testu za experimentálních a kontrolních podmínek i rozdíly mezi výsledky prvního a druhého Wingate testu jsme porovnávali standardními základními statistickými metodami.

Oxyfit, přípravek obsahující plynný kyslík s koncentrací 99,5 %, vyrábí švýcarská společnost Newpharm SA. Výhradním dovozcem do České republiky je firma Linde Gas a.s., která doporučuje využití přípravku zejména k rychlejšímu návratu ze zátěžových situací do normálního rytmu, respektive k rychlejší regeneraci (www.oxyfit.cz). V souladu s pokyny dovozce probandi při každé inspiraci stiskli uzávěr láhve (prostřednictvím speciální mělohmotné masky) celkem osmkrát. Bohužel nám není známo, proč dovozce udává pro jednu aplikaci právě počet osmi inspirací. Přesně jsme také neidentifikovali délku každé jednotlivé inspirace, ale během poučení jsme instruovali všechny sledované osoby, že každá inspirace má trvat právě dvě vteřiny.

Zásady výzkumu jsou v souladu s Helsinskou deklarací (www.wma.net) a jeho design byl schválen Etickou komisí UK FTVS.

VÝZKUMNÝ SOUBOR

Testování bylo realizováno na dobrovolnících – lyžařích běžcích (členové Sportovního centra mládeže a studenti Sportovního gymnázia v Jilemnici, $n=10$, z nichž tři byly ženy). Všichni sledovaní se pravidelně účastní závodů Českého poháru v běhu na lyžích a někteří z nich jsou mimo jiné zařazeni do reprezentativních výběrů. V období výzkumu disponovali dobrým zdravotním stavem, který byl na začátku ročního tréninkového cyklu potvrzen preventivní sportovní lékařskou prohlídkou. S ohledem na skutečnost, že v době testování byli v přípravném období, absolvovali všichni tréninkové zatížení v rozsahu 15 až 20 hodin za mikrociklus. Hodnoty tělesného tuku byly zjišťovány podle Pařížkové (1977). Podrobnou charakteristiku probandů uvádí tabulka č. 1.

Tab. 1. Charakteristika probandů ($n=10$)

| | tělesný tuk (%) | váha (kg) | výška (cm) | věk (roky) | objem plic (l) |
|---------------|-----------------|-----------|------------|------------|----------------|
| průměr | 9,3 | 65,6 | 175,1 | 18,6 | 4,7 |
| směr odchylka | 4,4 | 9,4 | 4,8 | 3,6 | 0,7 |

Shrnutí vybraných publikovaných poznatků

Pozitivní přínosy inhalace koncentrovaného kyslíku na sportovní výkon v nížině uvádí řada studií (např.: Bannister, Cunningham, 1954; Snell et al., 1986; Takafumi, Yasukouchi, 1997; Morris et al., 2000; Suchý a kol., 2008, Tucker et al., 2007). Některé další studie naopak přínosy pro sportovní využití nepotvrdily (např. Murphy, 1986), zejména pokud se jednalo o střednědobá a déletrvající zatížení, nebo naopak o úseky krátkodobého submaximálního nebo maximálního zatížení (Robbins et al., 1992; Yamaji, Shephard, 1985). Robbins a kol. (1992) zjistili, že inhalace hyperoxické směsi příznivě ovlivňuje bezprostředně následující výkon trvající přibližně dvě až tři minuty.

Prostřednictvím zvýšené saturace krve a tkání kyslíkem se po inhalaci koncentrovaného kyslíku urychluje následné zotavení a návrat k výchozím hodnotám (Haseler et al., 1999; Nummela et al., 2002; Suchý a kol. 2008). Jednorázová nebo opakovaná krátkodobá aplikace kyslíku má přechodný účinek a zvýšení saturace tkání kyslíku je také jen přechodné (Nummela et al., 2002).

V odborné literatuře se nám podařilo nalézt jen jednu studii s podobným designem, která prokázala zlepšení maximální anaerobní kapacity po inhalaci Oxyfitu v nížině v rozsahu 3 % až 6 % (Gabrys, Smatljan-Gabrys, 1999; Smatljan-Gabrys, Gabrys, 2000). Obdobu designu použitou v tomto výzkumu jsme s pozitivním výsledkem realizovali na skupině hokejistů v nížině. Studie prokázala signifikantní zlepšení u druhého Wingate testu při inhalaci koncentrovaného kyslíku v porovnání s inhalací placebo (Suchý a kol., 2008).

K porovnání vlivu hyperoxie na sportovní výkon v nížině a vyšší nadmořské výšce nebyla doposud publikována žádná studie v impaktovaných časopisech. Informací k využití hyperoxie ve vyšší nadmořské výšce s cílem zvýšení sportovní výkonnosti nebo urychlení regeneračních procesů bylo v odborné literatuře zatím také publikováno minimum. Všechny tři námi nalezené studie publikoval Wilber a kol. (2001, 2003, 2004) který uvádí, že využití hyperoxie je jedním z trendů tréninku ve vyšší nadmořské výšce.

Wilber a kol. (2003, 2004) provedli randomizovanou, dvojité slepou studii, v jejímž rámci na skupině devatenácti cyklistů ověřovali vliv inhalace různých koncentrací kyslíku (21 % až 60 %) na výkonnost a vybrané krevní parametry ve výšce 1 860 m n.m. Výzkum prokázal, že kontinuální inhalace kyslíku o koncentraci 60% v průběhu opakovaných intenzivních zatížení vede k vyšším hodnotám VO_{2max} a zvýšení výkonnosti v porovnání s kontrolní skupinou, která inhalovala kyslík odpovídající výšce

1 860 m n.m. Biochemické rozborů prokázaly, že koncentrovaný kyslík vedl ke zvýšené saturaci hemoglobinu v artériích. Naopak neprokázal zvýšenou tvorbu volných radikálů.

Na základě informací od trenérů jsme zjistili, že v průběhu závodního období využívá hyperoxický trénink například národní tým USA v severské kombinaci (koncentrace kyslíku: 60% až 70%, doba trvání: 60 až 90 min.) s cílem urychlit regenerační procesy ve výšce před závody v nížině (Suchý, 2009). Americký olympijský výbor experimentuje v Colorado Springs (1 860 m n.m.) s využitím hyperoxie u plavců v pauze mezi jednotlivými úseky vysoké intenzity, ale výsledky zatím nebyly publikovány.

VÝSLEDKY

Výsledky opakovaných Wingate testů signifikantně ($p < 0,05$) dokumentují, že inhalace koncentrovaného kyslíku příznivě ovlivňuje výkon v daném modelovém uspořádání v nížině i vyšší nadmořské výšce.

Tab 2. Přehled výkonů v druhém Wingate testu v nížině (485 m n.m.) – placebo/Oxyfit

| | max. výkon [W] | max. výkon/kg [W/kg] | min. výkon [W] | min. výkon/kg [W/kg] | prům. výkon [W] | prům. výkon / kg [W/kg] | anaerob. kapacita [kJ] | anaerob. kap./kg [J.kg ⁻¹] | index únavy [%] | váha [kg] |
|---------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--|-----------------|-----------|
| průměr placebo | 925,0 | 14,4 | 538,7 | 8,3 | 713,8 | 11,1 | 21,4 | 332,1 | 41,8 | 65,6 |
| průměr Oxyfit | 952,8 | 14,8 | 568,0 | 8,9 | 742,3 | 11,6 | 22,3 | 346,5 | 40,4 | 65,6 |
| směr. odch. placebo | 195,3 | 3,9 | 117,0 | 1,9 | 171,9 | 3,0 | 5,2 | 88,9 | 40,1 | 9,4 |
| směr. odch. Oxyfit | 212,1 | 4,1 | 115,8 | 2,4 | 171,2 | 3,2 | 5,1 | 95,8 | 45,4 | 9,4 |
| párový T test | 0,019 | 0,032 | 0,042 | 0,052 | 0,035 | 0,030 | 0,035 | 0,030 | 0,218 | |

Tab 3. Přehled výkonů v druhém Wingate testu ve vyšší nadmořské výšce (1 835 m n.m.) – placebo/Oxyfit

| | max. výkon [W] | max. výkon/kg [W/kg] | min. výkon [W] | min. výkon/kg [W/kg] | prům. výkon [W] | prům. výkon / kg [W/kg] | anaerob. kapacita [kJ] | anaerob. kap./kg [J.kg ⁻¹] | index únavy [%] | váha [kg] |
|---------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--|-----------------|-----------|
| průměr placebo | 816,3 | 12,6 | 524,8 | 8,1 | 655,9 | 10,1 | 19,7 | 303,5 | 35,7 | 65,6 |
| průměr Oxyfit | 882,0 | 13,6 | 568,0 | 8,7 | 691,1 | 10,7 | 20,7 | 319,7 | 35,6 | 65,6 |
| směr. odch. placebo | 164,8 | 2,8 | 118,1 | 1,9 | 128,0 | 2,2 | 3,8 | 65,4 | 28,4 | 9,4 |
| směr. odch. Oxyfit | 175,3 | 2,8 | 130,1 | 1,9 | 138,3 | 2,3 | 4,1 | 68,8 | 9,6 | 9,4 |
| párový T test | 0,009 | 0,008 | 0,043 | 0,044 | 0,038 | 0,033 | 0,038 | 0,033 | 0,418 | |

V souladu s předpoklady je průměrný i maximální výkon ve vyšší nadmořské výšce nižší v porovnání s hodnotami dosaženými v nížině.

Získané výsledky potvrzují, že větší pozitivní vliv má hyperoxie na krátkodobý anaerobní výkon ve vyšší nadmořské výšce na jedince s neukončeným procesem aklimatizace. Zjištění prokazují v podstatě všechny měřené hodnoty, s výjimkou indexu únavy, který dokumentuje pokles výkonu v průběhu testu.

DISKUSE

Testovaný model zatížení přibližně představuje situaci opakovaného zatížení s neúplnou či nedostačnou regenerací. Vhodnější by bylo výsledky ověřit na větší skupině testovaných osob, ale tento typ výzkumů bývá obvykle realizován na malých skupinách. Důvodem jsou značné problémy se získáním většího počtu sportovců na odpovídající výkonnosti úrovni, kteří absolvují přibližně stejné tréninkové zatížení.

Parametry odvozené z mechanického výkonu ve Wingate testu mají poměrně vysokou spolehlivost, koeficient korelace mezi testem a retestem se pohybuje v rozmezí 0,91 – 0,93. Index únavy vykazuje nižší spolehlivost ($0,43 < r < 0,74$), protože může být ovlivněn strategií rozložení sil v testu (Vandewalle et al.,

1987). Wingate test o délce trvání 30 sec. bývá také některými autory kritizován z toho důvodu, že 30 sec. nestačí na plné využití procesů anaerobní glykolýzy. Z těchto důvodů navrhuje například Heller (1995) testy s delší dobou trvání (např. 60 sec.). S prodloužením doby trvání testů roste i podíl oxidativní energetické úhrady.

Otevřenou otázkou stále zůstává, jak dlouho po inhalaci koncentrovaný kyslík účinkuje. Robbins a kol. (1992) i Yamaji, Shephard (1985) uvádějí při inhalaci v nížině desítky sekund až maximálně několik minut. Důvodem je omezená kapacita tkání navázat nefyziologicky zvýšené množství kyslíku. Robbins a kol. (1992) neprokázali u dvou pětiminutových zátěží se čtyřminutovou pauzou výraznější rozdíl v kinetice ventilace nebo v srdeční frekvenci v závislosti na hyperoxii, normoxii či jejich kombinaci. Výzkumy doby účinkování koncentrovaného kyslíku ve vyšší nadmořské výšce nebyly bohužel zatím podle našich informací publikovány.

Maska umožňující inhalaci Oxyfitu má malé otvory, kterými proband inhaluje nejen koncentrovaný kyslík/placebo, ale také okolní vzduch. Ke zpřesnění výsledků by přispělo zjištění, jakou koncentraci kyslíku probandi inhalují. Tento údaj by bylo například možné zjistit komparací následujících hodnot: kolik koncentrovaného kyslíku opustí novou láhev za dvě vteřiny a jak velká je individuální maximální volní ventilace, ale tato metodika nás bohužel napadla až po skončení testování.

ZÁVĚR

Na základě testování vlivu inhalace Oxyfitu/placeba v nížině a vyšší nadmořské výšce na krátkodobý opakovaný anaerobní výkon (Wingate test v délce trvání 30 sekund) jsme na hladině významnosti ($p < 0,05$) dospěli k následujícím závěrům:

- inhalace koncentrovaného kyslíku vykazuje pozitivní vliv na výkony v nižší i vyšší nadmořské výšce,
- inhalace koncentrovaného kyslíku vykazuje větší pozitivní vliv na výkony ve vyšší nadmořské výšce než v nížině.

Výsledky výzkumu potvrdily hypotézu H1. Hypotéza H0 byla vyvrácena.

Získané výsledky lze využít pro zlepšení výkonnosti u krátkodobých anaerobních výkonů ve vyšší nadmořské výšce i nížině.

Bibliografické citace

BANNISTER, R.G.; CUNNINGHAM, D.J.C. The effects on the respiration and performance during exercise of adding oxygen to the inspired O_2 . *J. Physiol.*, 125 (1), 1954, 118–137.

GABRYS, T.; SMATLJAN-GABRYS, U. Primenenie kisloroda kak ergogeniceskogo sredstva v anaerobnych glikolitických nagruzkach u sportsmenok i sportsmenov. *Teorija i praktika fiziceskoj kultury*, 6, 1999, 19–23.

HASELER, L.J.; HOGAN, M.C.; RICHARDSON, R.S. Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O_2 availability. *J. Appl. Physiol.*, 86 (6), 1999, 2012–2018.

HELLER, J. Diagnostika anaerobního výkonu a kapacity pomocí all-out testů. *Těl. Vých. Sport. Mlád.*, 61 (4), 1995, 35–40.

HELLER, J. et al. Anaerobní zátěžové „all-out“ testy: Volba typu a doby trvání zátěže. *Čas. lék. čes.*, 130 (2), 1991, 164–168.

HOLLMANN, W.; HETTINGER, T. *Sportmedizin. Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. Stuttgart: Schattauer Verlag, 1990.

MATTHYS, H. *Überprüfung der reinen Sauerstoffdosen O-PUR der Firma NEWPHARM SA, Schweiz zur zusätzlichen Sauerstoffgabe bei Normalpersonen und Patienten mit arterieller Hypoxie*. Freiburg: Klinikum der Albert-Ludwig Universität Freiburg, 1993.

MORRIS, D.M.; KEARNEY, J.T.; BURKE, E.R. The effects of breathing supplemental oxygen medicine altitude training on cycling performance. *J. of Science and Med. in Sport*, 3 (2), 2000, 165–175.

MURPHY, C.L. Pure O_2 doesn't help athlete's recovery. *Physician Sportsmed.*, 14 (12), 1986, 31–36.

- NUMMELA, A.; HAMALAINEN, I.; RUSKO, H. Effect of hyperoxic on metabolic response and recovery in intermittent exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 12 (5), 2002, 309–315.
- PAŘÍZKOVÁ, J. *Body fat and physical fitness*. Haag: Martinus Nijhoff B.V., 1977.
- ROBBINS, M.K.; GLEESON, K.; ZWILLICH C.W. Effects of oxygen breathing following submaxima and maxima exercise on recovery and performance. *Med. and Science in Sports and Exercise*, 24 (6), 1992, 720-725.
- SMATLJAN-GABRYS, U. The speed of lactate utilization in hyperoxia. In: *2000 Pre-Olympic Congress Sports Med. and Phys. Education*, Sept. 7-13, Brisbane, 2000.
- SNELL, P.G. et al. Does 100% oxygen aid recovery from exhaustive exercise? *Med. and Science in Sports and Exerc.*, 18 (2), 1986, Supplement 9.
- SUCHÝ, J.; HELLER, J.; VODIČKA, P.; PECHA, J. Vliv inhalace 99,5% kyslíku na opakovaný krátkodobý výkon maximální intenzity, *Česká kinantropologie*, 12 (2), 2008, 15–25.
- SUCHÝ, J. Příklady zařazení vyšší nadmořské výšky do příprav na OH ve Vancouveru a Londýně, *Česká kinantropologie*, 13 (3), 2009, 114–122.
- TUCKER, R. et al. Hyperoxia improves 20 km cycling time trial performance by increasing muscle activation levels while perceived exertion stays the same, *E. J. of app. Physiol.*, 101 (6), 2007, 771–781.
- VANDEWALLE, H.; PÉRE'S, G.; MONOD, H. Standard Anaerobic Exercise Tests. *Sports Med.*, 4, 1987, 268–289.
- WILBER, R.L. Current trends in altitude training, *Sports med.*, 31 (4), 2001, 249–265.
- WILBER, R.L. et al. Effect of FIO₂ on physiological responses and cycling performance at moderate altitude, *Med. and science in sports and exerc.*, 35 (7), 2003, 1153–1159.
- WILBER, R.L. et al. Effect of FIO₂ on oxidative stress during interval training at moderate altitude, *Med. and science in sports and exerc.*, 36 (11), 2004, 1888–1894.
- YAMAJI, K.; SHEPHARD, R.J. Effect of physical working capacity of breathing 100 percent O₂ during rest or exercise. *J. of Sports Med. and Phys. Fitness*, 25 (4), 1985, 238–242.
- www.oxyfit.cz [on line, 6. listopadu 2009]
- www.wma.net [on line, 5. září 2009]
- www.srm.de [on line, 5. září 2009]