VLIV ÚROVNĚ LEZECKÉ VÝKONNOSTI NA ENERGETICKOU NÁROČNOST LEZENÍ LEHKÝCH A STŘEDNĚ OBTÍŽNÝCH CEST

EFFECT OF CLIMBING ABILITY ON ENERGY EXPENDITURE OF EASY AND MODERATELY DIFFICULT ROUTES

J. Baláš, M. Panáčková, V. Bunc

Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu

ABSTRACT

The aim of the study was to assess differences in the energy expenditure of easy and moderately difficult routes in climbers with different climbing abilities. Eleven sport climbers were divided according to their climbing ability to beginners, recreational and experienced climbers. The oxygen consumption during climbing on a vertical wall differed significantly among beginners $27.1 \pm 0.9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, recreational $25.0 \pm 2.3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ and experienced climbers $22.5 \pm 1.4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Significant differences in oxygen consumption were also found during the climbing in a slightly overhanging route (110°): beginners $38.6 \pm 4.2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; recreational $33.4 \pm 2.8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ and experienced climbers $29.7 \pm 4.23 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Similar results of the oxygen consumption were obtained during the climbing with a given speed 25 movements $\cdot \text{min}^{-1}$. It was showed that climbing ability is an important factor of the energy expenditure. The sport climbing may represent the activity with a considerable impact on the body aerobic capacity either in beginners or in experienced climbers.

Keywords: sport climbing; energy expenditure; aerobic fitness

SOUHRN

Cílem této práce bylo ověřit rozdíly energetické náročnosti lezení u lezců s různou lezeckou výkonností na lehkých a středně obtížných cestách. Jedenáct lezců bylo rozděleno podle aktuální lezecké výkonnosti do třech skupin: začátečníci, rekreační lezci a výkonnostní lezci. Při lezení kolmé stěny ve vlastním tempu se spotřeba kyslíku významně lišila mezi začátečníky $27,1 \pm 0,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, rekreačními $25,0 \pm 2,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a výkonnostními lezci $22,5 \pm 1,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Stejně tomu tak bylo při lezení mírně převísle stěny (110°): začátečníci $38,6 \pm 4,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; rekreační $33,4 \pm 2,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a výkonnostní lezci $29,7 \pm 4,23 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Podobné hodnoty spotřeby kyslíku nacházíme při lezení v kolmé stěně při dané rychlosti 25 kroků $\cdot \text{min}^{-1}$. Ukazuje se, že úroveň lezecké výkonnosti je důležitým faktorem energetické náročnosti. Lezení může představovat pro pokročilé i začátečníky aktivitu s výrazným dopadem na aerobní schopnosti organismu.

Klíčová slova: sportovní lezení; energetická náročnost; aerobní zdatnost

Úvod

Sportovní lezení se za posledních 20 let proměnilo z disciplíny úzkého okruhu nadšenců na aktivitu pro širokou veřejnost. Dokládán je strmý nárůst organizovaných členů v národních svazích (FFME, 2011; Gardner, 2010), počet umělých lezeckých stěn a osob, které si vyzkoušeli tuto aktivitu (NSGA, 2008). Vyrůstá obrat výrobců lezeckého vybavení a hovoří se o lezeckém turismu jako důležitém faktoru lokálního rozvoje (Hannich, 2008).

Lezení představuje aktivitu, která je pravidelně pěstována částí populace a může tak působit na

zdravotní i psychosociální stránku jedinců. Je dobře dokumentován vztah mezi pravidelným lezením a svalovou vytrvalostí horních končetin a flexorů prstů (Baláš, Strejcová, Malý, Malá, & Martin, 2009; Grant et al., 2001; Grant, Hynes, Whittaker, & Aitchison, 1996). Působení na aerobní zdatnost lze vyvozovat na základě níže uvedených studií. Watts (2004) řadí sportovní lezení mezi aktivity se střední energetickou náročností. Průměrná spotřeba kyslíku se pohybuje kolem $20\text{--}34 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a maximální spotřeba $30\text{--}45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Billat, Pallesja, Charlaix, Rizzardo, & Janel, 1995; Geus, O'Driscoll, & Meeusen, 2006; C. M. Mermier,

Robergs, McMinn, & Heyward, 1997; Sheel, 2004; Watts, Daggett, Gallagher, & Wilkins, 2000). Jako hlavní determinant energetické náročnosti je označována rychlost lezení a obtížnost lezecké cesty. Zmiňované studie byly ovšem realizovány s lezci vysoké lezecké výkonnosti. Pouze studie Bertuzziho a kol. (2007) porovnávala energetickou náročnost lezení u rekreačních a výkonnostních lezců. Autoři shledali významné rozdíly spotřeby kyslíku mezi oběma výkonnostními skupinami při lezení kolmé stěny a upozorňují tak na významný vliv lezecké techniky a ekonomie pohybu na fyziologickou odezvu organismu. V této studii ovšem nebyla kontrolována rychlost lezení a je možné, že rozdíly byly způsobené různou rychlostí pohybu lezců.

Jelikož většina lezců se profiluje především v rekreačním pojetí lezení, je žádoucí se zabývat právě populací rekreačních a začínajících lezců. Není známo, jaký efekt bude hrát úroveň lezecké výkonnosti na energetickou náročnost lezení při konstantní rychlosti pohybu. Rovněž není dokumentováno, jakých hodnot spotřeby kyslíku mohou začínající lezci dosáhnout při lezení.

Cílem této práce bylo ověřit rozdíly energetické náročnosti lezení u lezců s různou lezeckou výkonností na lehkých a středně obtížných cestách.

Metodika práce

Soubor

Do studie se dobrovolně zapojilo 11 lezců - mužů ve věku 25-33 let. Lezci byli rozděleni podle aktuální lezecké výkonnosti do třech skupin: začátečníci ($n = 3$), rekreační lezci ($n = 4$) a výkonnostní lezci ($n = 4$). Lezeckou výkonnost uvedli účastníci dle aktuálního výkonu na cestách v UIAA (Union Internationale des Associations d'Alpinisme) stupnici, která má v současnosti 12 stupňů a mezistupně $+$ a $-$, kde $+$ značí vyšší obtížnost. Začátečníci se pohybovali v rozpětí 4/5+ UIAA, rekreační lezci 6+/7+ UIAA a výkonnostní lezci 8+/9 UIAA. Základní charakteristika souboru je uvedena v tabulce 1. Všichni zúčastnění byli seznámeni s cílem studie a souhlasili s anonymním vyhodnocením výsledků.

Tabulka 1. Tělesná hmotnost, výška a věk (průměr $\pm$ směrodatná odchylka) u začátečníků, rekreačních a výkonnostních lezců

Table 1. Body mass, height and age (mean $\pm$ standard deviation) in beginners, recreational and experienced climbers

	Tělesná hmotnost (kg) *	Tělesná výška (cm)	Věk (roky)
Začátečníci ($n=3$)	$77,8 \pm 7,0$	$178,4 \pm 4,5$	$26,7 \pm 4,2$
Rekreační lezci ($n=4$)	$77,7 \pm 3,4$	$181,4 \pm 5,5$	$24,5 \pm 1,3$
Výkonnostní lezci ($n=4$)	$67,0 \pm 1,8$	$175,5 \pm 5,8$	$28,0 \pm 3,6$
* významné rozdíly mezi skupinami $p=0,01$; $\eta^2=0,68$			

Postup měření

Účastníci podstoupili nejdříve základní měření tělesné výšky a tělesné hmotnosti. Následně proběhlo individuální rozcvičení a seznámení s lezeckou cestou. Cesta byla postavena na polohovatelné lezecké stěně, měla 16 kroků, začínala a končila ve stejném chytu. Tvořila tak lezecký okruh. Ta samá cesta byla lezena ve dvou sklonech 90° (kolmý profil) a 110° (převíslý profil) a byla ohodnocena stupněm 4 UIAA v kolmém profilu a stupněm 6+ UIAA v převíslém profilu.

Po rozcvičení zahájili účastníci lezení ve vlastním tempu na kolmém profilu. Během lezení ve vlastním tempu bylo umožněno lezcům odpočívat na chytech a měnit rychlost lezení. Po přelezení 5 lezeckých kol (80 kroků) následoval odpočinek 5 minut. Poté lezci museli podřídít tempo lezení metronomu ($25 \text{ kroků} \cdot \text{min}^{-1}$). Tempo bylo určeno na základě diskuze a zkoušek s výkonnostními lezci jako optimální pro lezecký postup na známé cestě. Po přelezení 5 kol v určeném tempu následoval opět 5 minutový odpočinek a celý postup se opakoval na převíslém profilu. V průběhu celého měření byla snímána srdeční frekvence (Polar SX 800, Finsko) a respirační parametry (MetaLyzer, Cortex, Německo). Analyzátor byl nastaven na průměrování záznamů po 10 sekundách. K vyhodnocení byly použity ustálené hodnoty, obvykle ze 4. až 5. kola lezení. V případě růstu byla použita střední hodnota z nejvyšších tří záznamů. Kalibrace ventilace, tlaku a plynů proběhla dle doporučení výrobce.

Vyhodnocení výsledků

Antropometrické charakteristiky i testové výsledky byly vyhodnoceny základní deskriptivní statistikou (průměr, směrodatná odchylka) pro výkonnostní skupiny. Rozdíly mezi skupinami byly posuzovány jednoduchou analýzou rozptylu pro všechny sledované proměnné. Za významné byly považovány rozdíly na hladině $p < 0,05$. K hodnocení věcné významnosti jsme použili koeficient parciálního η^2 , který udává procento vysvětleného rozptylu závisle proměnné. Koeficient 0,4 (tj. 40 % vysvětleného rozptylu) a vyšší jsme

Tabulka 2. Průměrné hodnoty ($\pm$ směrodatné odchylky) spotřeby kyslíku (VO_2), ventilace (V_E), srdeční frekvence (SF) a rychlosti lezení ve dvou sklonech stěny pro lezce s různou výkonností ve vlastním tempu.
Table 2. Mean values ($\pm$ standard deviation) of oxygen consumption (VO_2), ventilation (V_E), heart rate (SF) and climbing speed for two different angles in climbers with various abilities in personal speed

Sklon	Závisle proměnná	Začátečníci	Rekreační lezci	Výkonnostní lezci	<i>P</i>	η^2
90°	VO_2 ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)	$2,11 \pm 0,25$	$1,93 \pm 0,15$	$1,51 \pm 0,08$	0,00	0,77
	VO_2 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	$27,1 \pm 0,9$	$25,0 \pm 2,3$	$22,5 \pm 1,4$	0,03	0,60
	V_E ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)	$40,6 \pm 4,7$	$37,3 \pm 4,6$	$32,4 \pm 1,7$	0,06	0,50
	SF (tepy $\cdot \text{min}^{-1}$)	127 ± 16	110 ± 17	103 ± 4	0,12	0,42
	Rychlost (kroky $\cdot \text{min}^{-1}$)	$19,8 \pm 4,5$	$27,2 \pm 6,7$	$25,6 \pm 6,3$	0,32	0,25
110°	VO_2 ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)	$3,00 \pm 0,38$	$2,59 \pm 0,27$	$1,99 \pm 0,33$	0,01	0,69
	VO_2 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	$38,6 \pm 4,2$	$33,4 \pm 2,8$	$29,7 \pm 4,2$	0,04	0,55
	V_E ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)	$61,6 \pm 9,8$	$51,3 \pm 6,9$	$43,4 \pm 9,6$	0,07	0,48
	SF (tepy $\cdot \text{min}^{-1}$)	164 ± 20	144 ± 25	132 ± 10	0,16	0,37
	Rychlost (kroky $\cdot \text{min}^{-1}$)	$23,2 \pm 7,4$	$23,9 \pm 6,6$	$22,0 \pm 3,6$	0,90	0,03

pokládali za významný. Vzhledem k malému počtu lezců nelze výsledky zobecňovat na širší populaci a naměřené hodnoty je nutné interpretovat s o-
bezřetností.

Výsledky

V tabulce 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty respiračních parametrů, srdeční frekvence a rychlosti lezení ve vlastním tempu u začátečníků, rekreačních a výkonnostních lezců ve dvou sklonech stěny. Z tabulky jsou patrné významné rozdíly absolutní i relativní spotřeby kyslíku mezi výkonnostními úrovněmi lezců pro sklon 90° i

110°. Sklon 110° již představoval maximální zatížení pro začátečníky, kteří nebyli schopni absolvovat celou zátěž. Údaje v tabulce představují jejich maximální hodnoty. Menší rychlost lezení (nevýznamně) můžeme konstatovat ve sklonu 90° u začátečníků, rychlost lezení u dalších skupin se pohybuje kolem hodnoty 25 kroků $\cdot \text{min}^{-1}$, což odpovídá tempu pro metronom. Pro sklon 110° jsme sledovali pokles rychlosti u rekreačních a výkonnostních lezců, naopak vyšší rychlost u začátečníků. To je vysvětlováno maximálním úsilím začátečníků při lezení tohoto sklonu a snahou co nejrychleji ukončit výkon. Je nutné

Tabulka 3. Průměrné hodnoty ($\pm$ směrodatné odchylky) spotřeby kyslíku (VO_2), ventilace (V_E), srdeční frekvence (SF) a rychlosti lezení ve dvou sklonech stěny pro lezce s různou výkonností v tempu řízeném metronomem 25 kroků $\cdot \text{min}^{-1}$.

Table 3. Mean values ($\pm$ standard deviation) of oxygen consumption (VO_2), ventilation (V_E), heart rate (SF) and climbing speed for two different angles in climbers with various abilities in given speed 25 movements $\cdot \text{min}^{-1}$.

Sklon	Závisle proměnná	Začátečníci	Rekreační lezci	Výkonnostní lezci	<i>P</i>	η^2
90°	VO_2 ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)	$2,38 \pm 0,39$	$1,98 \pm 0,38$	$1,59 \pm 0,16$	0,04	0,56
	VO_2 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	$30,5 \pm 3,1$	$25,3 \pm 3,9$	$23,7 \pm 1,8$	0,05	0,53
	V_E ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)	$45,3 \pm 8,0$	$40,8 \pm 5,1$	$34,5 \pm 4,0$	0,09	0,45
	SF (tepy $\cdot \text{min}^{-1}$)	144 ± 21	118 ± 26	112 ± 5	0,13	0,40
	Rychlost (kroky $\cdot \text{min}^{-1}$)	25	25	25		
110°	VO_2 ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)		$2,74 \pm 0,55$	$2,14 \pm 0,39$	0,13	0,34
	VO_2 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)		$35,3 \pm 6,5$	$31,8 \pm 5,1$	0,43	0,11
	V_E ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)		$60,3 \pm 12,0$	$47,6 \pm 8,8$	0,14	0,33
	SF (tepy $\cdot \text{min}^{-1}$)		155 ± 18	148 ± 13	0,54	0,07
	Rychlost (kroky $\cdot \text{min}^{-1}$)		25	25		

upozornit, že se jedná o průměrnou rychlost. Individuální tempo lezců bylo velmi heterogenní.

V tabulce 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty respiračních parametrů, srdeční frekvence a rychlosti lezení podle metronomu u začátečníků, rekreačních a výkonnostních lezců ve dvou sklonech stěny. Opět můžeme sledovat významné rozdíly absolutní i relativní spotřeby kyslíku mezi výkonnostními úrovněmi lezců pro sklony 90° i 110°. Začátečníci nebyli schopni podle metronomu ve sklonu 110° lézt po dostatečně dlouhou dobu, jejich výsledky proto neuvádíme. Oproti lezení ve vlastním tempu můžeme konstatovat zvýšení respiračních hodnot pro všechny skupiny. Nejvyšší zvýšení jsme zaznamenali pro začátečníky ve sklonu 90°.

Diskuze

Studie se zúčastnili lezci s aktuální výkonností mezi stupněm 4 až 9 UIAA, což je řadí výkonnostně mezi nejpočetnější populaci lezců. Současná světová špička se pohybuje v obtížnostech 10+/12- UIAA. Lezci byli dle sebehodnocení rozděleni do třech skupin: začátečníci, rekreační a výkonnostní lezci. Sebehodnocení lezecké výkonnosti nebylo dále ověřováno, neboť je označováno za validní nástroj evaluace (C. M. Mermier, Janot, Parker, & Swan, 2000; Wall, Starek, Fleck, & Byrnes, 2004). Vzhledem k časově a materiálně náročným procedurám tvořil sledovaný soubor jen 11 lezců. Výsledky proto nemohou být zobecňovány na širší populaci a je třeba je interpretovat s opatrností.

V této studii jsme shledali významný rozdíl energetické náročnosti lezení mezi začátečníky, rekreačními a výkonnostními lezci jak při lezení ve vlastním tempu, tak při tempu řízeném metronomem. Shodujeme se s prací Bertuziho a kol. (2007), která upozornila na důležitost ekonomiky pohybu při lezení. Bertuzi a kol. (2007) shledali u rekreačních lezců na cestě v obtížnosti 6+ UIAA průměrnou spotřebu kyslíku $30,3 \pm 7,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, u elitních lezců $23,0 \pm 5,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a na cestě v obtížnosti 7+ UIAA měli elitní lezci spotřebu kyslíku $30,1 \pm 6,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Rekreační lezci tuto obtížnost nelezli. Jelikož technicky správně provedený pohyb je i ekonomický (Sparrow & Newell, 1998), můžeme předpokládat lepší lezeckou techniku u lezců s nižší energetickou odezvou v dané obtížnosti. Spiroergometrie tak může být využita k hodnocení kvalitativní stránky lezeckého pohybu.

Z výsledků Bertuziho a kol. (2007) i z našich výsledků lze usuzovat, že průměrná spotřeba kyslíku při lezení kolmých cest o obtížnosti 4-5 stupňů UIAA pod individuálním maximem u mužů se pohybuje cca. $23 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 3 stupně UIAA pod individuálním maximem cca. $25 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a 1-2 stupně UIAA pod individuálním maximem $27-30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. S větším sklonem se ve větší

míře zapojují svaly flexorů prstů a pletence ramenního (Noé, Quaine, & Martin, 2001) a zvyšuje se tak obtížnost výstupu. V literatuře jsou uvedeny ovšem rozporuplné informace, zda sklon ovlivňuje energetickou náročnost lezení (C. M. Mermier, et al., 1997; Watts & Drobish, 1998). Mermierová a kol. (1997) sledovali fyziologickou odpověď lezení v různých sklonech (90°, 106°, 151°). Cesty byly vylézány a slézány s horním jištěním výkonnostními lezci ($n=14$). Výsledky ukázaly, že lezení v převísleém profilu (7+ UIAA; $24,9 \pm 4,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ kyslíku) je energeticky náročnější, než lezení v kolmé (4 UIAA; $20,7 \pm 8,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ kyslíku) nebo mírně převísle stěně (6 UIAA; $21,9 \pm 5,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ kyslíku). Nižší relativní hodnoty spotřeby kyslíku oproti naší studii můžeme vysvětlovat zařazením žen do výzkumu a odlišným výzkumným protokolem. Jelikož ženy mají průměrně vyšší zastoupení tělesného tuku, relativní hodnoty spotřeby kyslíku musí být nižší. Dále bylo lezcům umožněno slézat, což je energeticky méně náročné. Na druhou stranu výzkumy Wattse a Drobishe (1998) na lezeckém ergometru nepotvrdily vliv sklonu stěny na energetickou spotřebu. Lezecký ergometr byl naklápěn v pěti úhlech od 80° do 102°. 16 lezců mělo za úkol lézt ve vlastním tempu po dobu 4 minut na všech sklonech stěny s odpočinkem 6 minut. Průměrná vylezená vzdálenost na nejmenším sklonu byla $27,4 \pm 6,6 \text{ m}$ a na nejpříkřejším sklonu $8,2 \pm 4,0 \text{ m}$. Obtížnost se zvedala od stupně 5-UIAA v nejmenším sklonu do 7+ UIAA v největším sklonu. S větším sklonem se progresivně zvyšovala SF, avšak spotřeba kyslíku zůstávala relativně na stejné úrovni kolem $30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Energetická náročnost se tedy pohybovala v úzkém rozmezí mezi 10,4 – 11,2 kcal·min⁻¹. Přepočteme-li však energetickou náročnost na 1 vylezený metr, můžeme konstatovat, že při sklonu 80 a 86 stupňů oscilovala v rozmezí 1,5 až 2,0 kcal·m⁻¹ a při sklonu 102 stupňů už 5,0 kcal·m⁻¹. Rychlost lezení se tak ukazuje jako hlavní determinant energetické náročnosti. Nutno ovšem podotknout, že rozdíl jednotlivých sklonů oproti studii Mermierové a kol. (1997) byl malý. V našem případě, kdy byla kontrolována rychlost lezení, jsme potvrdili vliv sklonu na energetickou náročnost lezení.

V jiné studii Watts a kol. (2000) sledovali 15 lezců na cestě o 27 krocích obtížnosti 8+ UIAA. Jejich průměrná spotřeba kyslíku se pohybovala kolem $24,7 \pm 4,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a nejvyšší dosažená spotřeba kyslíku kolem $31,9 \pm 5,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Autoři přicházejí s myšlenkou, že by tato hodnota spotřeby kyslíku mohla představovat specifické plató, které se objevuje asi po 80-100 s lezení. S tímto tvrzením je v rozporu jak naše studie, tak i studie jiných autorů (Geus, et al., 2006), kteří konstatovali maximální hodnoty spotřeby kyslíku $37-44 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Možné vysvětlení je, že lezci ve Wattsově studii měli vysokou lezeckou

výkonnost (9/11 UIAA) a jejich cesta tedy byla 1-3 stupně UIAA pod individuálním maximem. Cesta tedy nepředstavovala maximální zátěž a lezci se dostali pouze na setrvalý stav jako při jakékoli sub-maximální zátěži. Na druhou stranu lezci ze studie Geuse a kol. (2006) s hodnotami spotřeby kyslíku přes $40 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ lezli téměř na hranici svých možností. Začátečníci z naší studie, pro které sklon 110° představoval maximální zátěž, se dostali ke spotřebě kyslíku $38,6 \pm 4,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Závěr

V naší práci jsme shledali významné rozdíly energetické náročnosti lezení mezi začátečníky, rekreačními a výkonnostními lezci na lehkých i středně obtížných cestách. Ukazuje se, že úroveň lezecké výkonnosti je důležitým faktorem energetické náročnosti. Dokládáme, že lze na základě spiroergometrie posuzovat kvalitativní stránku lezeckého pohybu jako je technika lezení a ekonomika pohybu. Lezení lehkých i středně obtížných cest může představovat pro pokročilé i začátečníky aktivitu s výrazným dopadem na aerobní schopnosti organismu.

Studie byla podpořena výzkumným záměrem MSM 0021620864 a specifickým výzkumem SVV-2012-265 603.

Literatura

Baláš, J., Strejcová, B., Malý, T., Malá, L., & Martin, A. J. (2009). Changes in upper body strength and body composition after 8 weeks indoor climbing in youth. *Isokinetics & Exercise Science*, 17(3), 173-179.

Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P., & Janel, N. (1995). Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 20-24.

de Moraes Bertuzzi, R. M. C. S., Franchini, E., Kokubun, E., & Kiss, M. A. P. D. M. (2007). Energy system contributions in indoor rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 293-300.

FFME. (2011). La Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade. Retrieved 06/07, 2011, from <http://www.ffme.fr/federation/>

Gardner, T. (2010). The popularity of climbing in the UK is increasing. . 2011(02/04). Retrieved from <http://www.thebmc.co.uk/Feature.aspx?id=1422>

Geus, B. D., O'Driscoll, S. V., & Meeusen, R. (2006). Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 489-496.

Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T. C., Wilson, J., & Whittaker, A. (2001). A comparison

of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of Sports Sciences*, 19(7), 499-505.

Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 301-309.

Hannich, F. (2008). *Destinationsmarken im Special Interest Tourismus - Dargestellt am Beispiel des Klettertourismus* Wiesbaden: Gabler.

Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 359-366.

Mermier, C. M., Robergs, R. A., McMin, S. M., & Heyward, V. H. (1997). Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 224-228.

Noé, F., Quaine, F., & Martin, L. (2001). Influence of steep gradient supporting walls in rock climbing: biomechanical analysis. *Gait and Posture*, 13, 86-94.

NSGA. (2008). Sport participation in 2007. Retrieved 3/3, 2010, from http://www.nsga.org/files/public/IndividualSportcopy_080826.pdf

Sheel, A. W. (2004). Physiology of sport rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 355-359.

Sparrow, W. A., & Newell, K. M. (1998). Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(2), 173-196.

Wall, C. B., Starek, J. E., Fleck, S. J., & Byrnes, W. C. (2004). Prediction of indoor climbing performance in women rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 77-83.

Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 361-372.

Watts, P. B., Daggett, M., Gallagher, B., & Wilkins, B. (2000). Metabolic Response During Sport Rock Climbing and the Effects of Active Versus Passive Recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 185-190.

Watts, P. B., & Drobish, K. M. (1998). Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1118-1122.

Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.
FTVS UK Praha
José Martího 31
16252 Praha 6
balas@ftvs.cuni.cz