

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
**FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Determinace maximální specifické spotřeby kyslíku při  
lezení s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti**

**Determination of climbing specific maximal oxygen uptake during  
climbing with increasing inclination and constant speed**

**Vedoucí bakalářské práce:**

Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

**Zpracoval:**

Bc. Miloš Kaláb

Praha 2012

## **ABSTRAKT**

### **Název práce**

Determinace maximální specifické spotřeby kyslíku při lezení s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti.

### **Cíl práce**

Cílem testování bylo determinovat maximální specifickou spotřebu kyslíku při lezení s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti.

### **Metody**

Testování se účastnilo 26 lezců s výkonností 4 – 10 UIAA. Maximální specifická spotřeba kyslíku byla měřena lezeckým testem do maxima na umělé stěně, kde byl zvyšován sklon od 95° (105°) do 135° vždy po 3 minutách lezení. Tempo lezení bylo konstantní – 25 kroků za minutu. Po odpočinku proběhl test do maxima na běhacím páse. Vyhodnocovány byly vztahy mezi lezeckou výkonností (RP), sklonem a ventilačními parametry.

### **Výsledky**

V maximálním lezeckém testu, dosáhli lezci určitého plató na hodnotě  $40 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , bez ohledu na výkonnost i na dosažený sklon. S lezeckou výkonností (RP) nejvíc koreloval dosažený sklon cesty  $r = 0,89$  a srdeční frekvence  $r = 0,41$ . Studie potvrdila disproporční růst srdeční frekvence vůči spotřebě kyslíku. Dále byl zjištěn silný vztah ( $r = 0,77$ ) ventilačního ekvivalentu pro kyslík vztaženého k hodnotě RER poukazující na specifické dechové projevy pokročilejších lezců. Zvýšená práce svalů horních končetin při lezení v převisu, určené tempo lezení a podmíněnost dechové frekvence může mít vliv na nižší  $V_E$  a s ní

spojenou spotřebu kyslíku. Maximální specifická spotřeba kyslíku během lezení pravděpodobně nebyla dosažena, ale test je vhodný pro testování lezecké výkonnosti.

**Klíčová slova**

Sportovní lezení, spotřeba kyslíku, aplikovaná fyziologie.

## **ABSTRACT**

### **Title of master thesis**

Determination of climbing specific maximal oxygen uptake during climbing with increasing inclination and constant speed.

### **Work objectives**

To review the determination of climbing specific maximal oxygen uptake during climbing with increasing inclination and constant speed.

### **Methods**

Twenty six climbers with climbing ability on UIAA scale from 4<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> degree were participated in this study. Maximal specific oxygen uptake was measured by climbing test, to exhaustion on climbing wall, where the inclination were changed from 95° (105°) to 135° every three minutes. Speed of climbing was constant on 25 movements·min<sup>-1</sup>. After a rest, the participants went a maximal running test on treadmill. There were evaluated relationships between climbing ability, inclination and cardiopulmonary variables.

### **Results**

In maximal climbing test, climbers achieved plateau on value  $40 \pm 3,5$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, without influence on climbing ability or inclination. The climbing ability most correlated with achieved inclination  $r = 0,89$  and heart rate  $r = 0,41$ . Our study confirmed disproportional rising of heart rate against oxygen uptake. Furthermore, there was a strong relationship to be found between ventilation per l oxygen to RER indicating specific breathing mechanism of advanced climbers. More demanding work of upper limbs muscles during overhang climbing, given speed and related

breath frequency could have influence on lower VE and oxygen consumption. Maximal specific oxygen uptake may not been achieved, but the climbing test is suitable for controlled training status.

**Key words**

Sport climbing, oxygen uptake, applied physiology.

Chtěl bych poděkovat Mgr. Jiřímu Balášovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky v průběhu tvorby této práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Báře Strejcové, Ph.D. a Mgr. Michaele Panáčkové za pomoc při měření.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a použil jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

---

Miloš Kaláb

## Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---



## OBSAH

<b>1. Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Sportovní lezení .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Funkční zátěžová diagnostika .....</b>	<b>15</b>
2.1 Nejčastěji zjišťované parametry při funkčních testech.....	17
2.2 Specifická funkční zátěžová diagnostika .....	18
<b>4. Antropometrické a fyziologické předpoklady výkonu ve sportovním lezení .....</b>	<b>20</b>
<b>5. Fyziologické odezvy organismu na specifickou lezeckou zátěž .....</b>	<b>23</b>
5.1 Technika a typ cesty .....	23
5.2 Sklon (převislost) cesty.....	24
5.3 Zkušenost lezců.....	26
5.4 Styl lezení, předchozí znalost cesty .....	27
5.5 Rychlost lezení.....	28
<b>6. Závěry teoretické části.....</b>	<b>32</b>
<b>7. Cíle práce .....</b>	<b>33</b>
<b>8. Úkoly práce .....</b>	<b>33</b>
<b>9. Metodika .....</b>	<b>33</b>
9.1 Soubor.....	33
9.2 Typy testů a metody měření (použité přístroje).....	34
9.2.1 Somatické charakteristiky.....	34
9.2.2 Lezecký test .....	35
9.2.3 Test na běhacím páse .....	36
9.2.3 Test na běhacím páse .....	37
9.2.4 Analýza respiračních plynů a srdeční frekvence .....	38
9.2.5 Statistické zpracování dat .....	38
<b>10. Výsledky .....</b>	<b>39</b>
<b>11. Diskuse.....</b>	<b>43</b>
<b>12. Závěr.....</b>	<b>48</b>
<b>13. Použitá literatura .....</b>	<b>49</b>
<b>14. Přílohy .....</b>	<b>54</b>

## 1. Úvod

Vědeckému výzkumu v oblasti sportovního lezení se za poslední dekádu začíná věnovat stále větší pozornost. K této tendenci přispívá mnoho faktorů, ať už je to rozšiřování „lezecké populace“, větší profesionalizace a propagace lezeckého sportu a v neposlední řadě potřeby závodního odvětví tohoto sportu.

I přes značné množství vědeckých prací, zůstává v oblasti lezeckého výkonu mnoho neznámého. Jsou dobře známy antropomotorické vlastnosti lezců a sestaveny testy pro silové schopnosti. Stále však neznáme přesné odezvy organismu na lezecký výkon a parametry, které by ho omezovaly.

Lezecký sport se rychle vyvíjí a stále se objevují nové tréninkové metody a přístupy. Lezci se úzce specializují na určitou disciplínu (především v závodním odvětví) a i v lezení je ranná specializace častým problémem. Také vzhledem k těmto tendencím je potřeba mít k dispozici unifikované specifické testy, díky kterým by se mohla určit a porovnat výkonnost, předejít zdravotním komplikacím, přetrénování a dalším chybám v tréninku.

Naší snahou v této studii je právě sestavení specifického lezeckého testu, pro potřeby zjišťování výkonnostní úrovně a také se pokusit přispět k objasnění některých fyziologických odpovědí organismu během lezení.

Tyto specifické testy pak mohou a měly by být využívány i v neprofesionálním odvětví lezeckého sportu. Lezecká základna výkonnostních a rekreačních lezců se mohutně rozšiřuje a lezci se snaží o co nejrychlejší nárůst výkonnosti. Díky těmto testům bude možné zjistit aktuální lezeckou výkonnost sportovce a doporučit pak adekvátní tréninkový program a současně tím předejít zraněním či přetrénování již při začátcích s tímto unikátním sportovním odvětvím.

Také vzhledem k tomu, že se sportovní lezení připravuje na zařazení mezi olympijské sporty, dá se předpokládat pokračování a zvětšování zájmu o tento sport. Potřeba diagnostiky a testování tak bude dále velice aktuální téma.

## 2. Sportovní lezení

Obecně se uvádí, že se sportovní lezení vyvinulo z potřeb horolezců zvýšit svoji výkonnost a být schopen vylézt na obtížně dosažitelné vrcholy. Postupně se z pouhé přípravy stalo samostatnou sportovní disciplínou, ovšem oproti horolezectví už s ne tak velkým objektivním nebezpečím a zaměřenou na lezecký pohyb a silově vytrvalostní výkon.

Ovšem je také fakt, že v některých oblastech začali lezci lézt bez vidiny horských vrcholů a lezení na skalách či kamenech brali od počátku jako samostatný výkon a také v něm mezi sebou soupeřili.

### Sportovní lezení

U sportovního lezení je tedy lezec „chráněn“ před pádem fixním jištěním (nýt, borhák), které je napevno umístěno ve skále ve vzdálenosti 2–5 m od sebe, v závislosti na obtížných pasážích v cestě. Do tohoto předem připraveného jištění lezec přes karabiny vkládá své lano, které má navázáno na sedací úvazek. Hrozí mu tedy jen krátký pád k poslednímu jištění.

### Tradiční lezení

Hlavním rozdílem mezi sportovním a tzv. tradičním způsobem lezení jsou pevné jistící body. Při tradičním způsobu lezení, lezec během výstupu sám zakládá jistící pomůcky do děr a spár ve skále, které pak lze vyjmout bez trvalého poškození skály. Tento styl ale neumožňoval soustředit se pouze na výkon, jelikož je zde pořád dosti vysoké riziko selhání, či špatného umístění vlastního jištění a psychologický faktor strachu je tak stále velký a nedovolí lezci podat výkon na hranici svých fyzických sil. Navíc struktura skály nemusí vždy umožnit založení jištění tak často, aby se eliminoval dlouhý nebezpečný pád a některé kompaktní skály a určité materiály, neumožňují ze své podstaty jistit cestu jiným způsobem než navrtáním expanzního nýtu, či borháku.

Nový typ fixního jištění a styl volného přeletu, tak otevřel bránu nejen cestám s vyšší obtížností, ale i novým skalním terénům a oblastem.

Navzdory většímu riziku má tradiční lezení stále hodně příznivců a v dnešní době, se znovu dostává do popředí zájmů a to i na skalách v nehorských oblastech.

V poslední době jsou oba tyto způsoby lezení spojeny především s volným stylem lezení, neboli „free climbing“, kdy je pro postup v cestě používáno pouze skalních výčnělků – chytů a umístěné jištění (ať už fixní nebo vlastní) je pouze jako pojistka proti případnému pádu a v žádném případě neslouží pro výstup. Tato „pravidla“ neplatila vždy a před érou volného lezení bylo naprosto normální a přípustné používat skob, nýtů či jiných umělých pomůcek k postupu v cestě.

### Bouldering

Kořeny této disciplíny sahají až do předminulého století, kdy pařížští lezci vyrazili zlézat kameny a skalky v nedalekém Fontainebleau. Samozřejmě ani Angličané nezůstávali pozadu a i oni datují první zmínky o této lezecké aktivitě do konce devatenáctého století. O popularizaci boulderingu v Americe i mimo ni se v 50. letech minulého století postaral bývalý gymnasta John Gill.

Pod pojmem bouldering se tedy skrývá lezení na nízkém kameni či lezecké stěně, většinou do výšky 5 metrů, případně vyšší. K jištění se na rozdíl od skal či lezecké stěny nepoužívá lano, ale matrace, která tlumí pád. Zároveň spolulezci jistí, chytají či usměrňují případný pád. Lezci se zde soustředí na krátké několikakrokové ale velice silové problémy. Tento způsob lezení je často využíván pro trénink, ale je i samostatnou disciplínou.

### Hodnocení výkonu

Pro hodnocení a porovnávání lezeckých výkonů byly sestaveny tzv. klasifikační stupnice. Těch je velké množství pro různá odvětví lezeckého sportu (horské terény, lezení v ledu, tradiční lezení, bouldering a další). Dále budou uvedeny příklady klasifikací pro sportovní lezení. Stupnice obtížnosti volného přelezu má různé tvary, u všech stupnic ale vyšší číslo znamená větší obtížnost výstupu. V Evropě je nejužívanější klasifikace UIAA a Francouzská, v Americe pak YDS (Yosemite Decimal Scale), více viz tabulka 1. Klasifikace UIAA začíná stupněm 1 a současné době končí na stupni 12, navíc jsou ve stupnici mezistupně mezi obtížnostmi, které určují znaménka minus (–) a plus (+). Od stupně 3 jde o horolezecký terén. Francouzská stupnice také začíná stupněm 1, ale mezistupně jsou určeny písmeny (a, b nebo c) navíc pro jemnější rozdělení se používá znaménko plus, viz tabulka č. 1.

Neméně důležitý je i styl přelezu, který je dalším faktorem určující hodnotu sportovního výkonu. Styl On-Sight (OS) je zdolání lezecké cesty bez pádu a odsednutí na první

pokus navíc bez předchozích informací o klíčových místech v cestě. Je to nejhodnotnější styl přeletu. Rot Punk (RP) zdolání lezecké cesty bez pádu a odsednutí, lezec může cestu předem natrénovat a poté ji přelézt v kuse, bez pádu. All free (AF) lezec přelete cestu volně, ale s odpočinkem na jistících bodech. Top rope (TR) je lezení cesty s horním jištěním, kdy lano je provlečeno karabinou umístěnou nad lezcem na konci cesty a přes vratné jištění vede zpět dolů k jističi.

Tabulka č. 1: Přehled nejrozšířenějších klasifikací obtížnosti ve sportovním lezení.  
(UIAA, 2007)

UIAA	USA	Australia	UK		France	South Africa
			Adjectival	Tech		
I	5.2				1	
II	5.3	11			2	
III	5.4		Diff.		3	9
III+	5.5	12	V. Diff		3+	10
IV	5.6				4-	11
IV+		13			4	12
IV+	5.7	14		Severe	4a	13
V-	5.8	15			4b	14
V		16			4c	15
V +				Very Severe	4c	16
VI-	5.9	17	HVS		5a	15
VI		18			5a	16
VI+	5.10a	19		E1	5b	17
VI+					6a	18
VII-	5.10b	20		E2	5c	19
VII-	5.10c				6a+	20
VII	5.10d	21		E3	6b	21
VII+	5.11a	22			6b+	22
VII+	5.11b	23		E4	6c	23
VII+	5.11c	24			6a	24
VIII-	5.11d	25			6b	25
VIII	5.12a	26	E5		7a	26
VIII+	5.12a	27		E6	7b	27
IX-	5.12b/c				7b+/7c	28
IX	5.12c/d	28		E7	7c+	29
IX	5.13a				8a	30
I+	5.13b	29			8a+	31
X-	5.13c/d	30			8b	32
X-	5.14a	31			8b+	33
X+	5.14b	32		E8+	8c	34
XI-	5.14c	33			8c+	35
XI-	5.14c				9a	36
XI	5.14d				9a+	
XI+	5.15a			E9	9b	
XI+	5.15b					

### 3. Funkční zátěžová diagnostika

Obecně se složky funkční zátěžové diagnostiky dají zařadit do zátěžové medicíny.

Dle Kučery a Dylevského (1999) je smysl diagnostiky pomocí řízeného zátěžového stresu následující:

1. Posoudit zdatnost pacienta ve vztahu k pohybovému režimu, ke zdravotnímu stavu a k terapii.
2. Odhadnout možnou hranici tělesné zdatnosti, ke které se může za optimálních podmínek pacient přiblížit.
3. Pomoci navodit optimální podmínky tam, kde je to žádoucí, ať už ze zdravotních, nebo sportovně výkonnostních důvodů.

Dále se budeme věnovat důvodům, proč testovat právě ze sportovně výkonnostních důvodů.

Specifické důvody proč se věnovat fyzickému testování jsou podle Birda a Davidosona (1997) následující:

- Odhalit slabé a silné stránky testované osoby v závislosti na jeho sportovní disciplíně. Informace pak mohou být využity při sestavení tréninkového plánu atd.
- Vyhodnotit efektivnost tréninkového programu, k zjištění jestli výkon nebo rehabilitace se zlepšuje a jestli naše intervence ovlivňuje ty funkce, které chceme ovlivnit.
- Zhodnocení zdravotního stavu sportovce. U tohoto posuzování by měl být přítomen lékařský pracovník.
- Testování může pomoci identifikovat připravenost sportovce na trénink nebo soutěž.
- Rozvíjet vědění a porozumění o sportu nebo aktivitě, pro potřeby trenérů, budoucích sportovců a vědců.
- Pomoci zodpovědět výzkumné otázky.

Gore (2000) se s výše uvedenými důvody shoduje a dodává, že testování může být také nápomocným nástrojem pro výběr talentů, tedy může odhalit výkonnostní potenciál jedince.

Dle Bunce (1989) by měl ideální zátěžový test splňovat následující podmínky:

1. musí být jednoduchý a snadno proveditelný,
2. podle účelu použití by měl být:
  - a) obecný – měl by zachytit obecnou trénovanost a nikoliv schopnost k určitému jednostrannému typu tělesného výkonu,
  - b) specifický – měl by zachytit speciální trénovanost jako schopnost k určitému, jednostrannému, speciálnímu typu tělesného výkonu,
3. měl by být bezpečný – intenzita a provedení testu nesmí znamenat riziko pro vyšetřovaného,
4. měl by být validní,
5. měl by být objektivní – co nejméně ovlivnitelný vyšetřovanou osobou,
6. reprodukovatelný – relativně nezávislý na podmínkách provedení.

Bunc (1989) dále dodává, že zátěžový test plně odpovídající všem těmto podmínkám zatím neexistuje. Stávající testy jsou určitým kompromisem.

Winter a kol. (2007) se víceméně ztotožňuje s těmito podmínkami uvedenými výše.

Navíc uvádí faktory specifity testu, které by měly být zohledněny při designu (tvorbě) testového protokolu (viz kap 2.1). Také se zmiňuje o takzvané „citlivosti“ při vyhodnocení testu. Na našich znalostech a porozuměních mechanismům závisí správnost a preciznost vyhodnocení celého měření.

Druhy funkčních testů:

Funkční testy můžeme obecně dělit dle různých kritérií, např.: dle místa provedení na terénní (Cooperův test, Légerův čl. běh) a laboratorní (W170, VO<sub>2max</sub>). Dalším dělení je dle Bunce (1989) na testy statické a dynamické. Dalším dělením při výkonech cyklického charakteru je pak dělení na testy maximální a submaximální.

a) *Maximální zátěžové testy* – při maximálním zátěžovém testu zatěžujeme organismus stupňovaným zatížením, kdy k dosažení maximálního zatížení dochází postupně. Tyto dynamické testy jsou pak přímým stanovením maximální výkonnosti organismu.



Závažnou nevýhodou je závislost na motivačních schopnostech vyšetřovaných osob k výkonu.

*b) Submaximální zátěžové testy* – využívají dostatečné zatížení střední intenzity. Jsou bezprostřednější a méně závislé na vyšetřované osobě. Submaximální parametry se mění mnohem více než parametry maximální v průběhu a jako důsledek aplikovaného tělesného tréninku. Výsledky těchto testů mohou sloužit i k odhadu nebo výpočtu maximálních parametrů (Bunc 1989).

V oblasti submaximálních intenzit navazuje na vzestupnou fázi úsek, kde je spotřeba kyslíku ( $VO_2$ ) prakticky konstantní, označovaný jako rovnovážný stav. Velikost zatížení, při kterém ještě může vzniknout rovnovážný stav, je přímo úměrná aerobní trénovanosti. Dalším postupným zvyšováním intenzity zatížení je možno dosáhnout maximální spotřeby kyslíku (Bunc, 1989).

## **2.1 Nejčastěji zjišťované parametry při funkčních testech**

Vilikus (2004) ve své knize uvádí následující parametry spiroergometrických měření.

Minutová plicní ventilace ( $V_E$ )

Nesportující muži dosahují při maximální zátěži ventilace kolem  $100 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , nesportující ženy přibližně  $75 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Vrcholoví vytrvalci dosahují ventilace až dvojnásobné. S postupným věkem maximální minutová plicní ventilace klesá. Trénovaní jedinci dosahují vyšší minutové plicní ventilace zejména díky vyšší dechové frekvenci (DF), která se pohybuje při vita maxima kolem  $50 \text{ dechů}\cdot\text{min}^{-1}$  (Vilikus, 2004).

Dechový objem ( $V_T$ )

$$V_T = V_E / DF$$

Dle výsledků Mezinárodního biologického programu (Seliger, Bartůněk, 1976 in Vilikus, 2004), mají sportovci obou pohlaví při maximální zátěži jen o málo vyšší hodnoty dechového objemu než nesportovci. Podstatnější s statisticky významné jsou však rozdíly v DF (Vilikus, 2004).

Dechová frekvence (DF)

Při nižší a střední intenzitě zátěže je DF určována rytmem zátěže, návykem, méně intenzitou zatížení. Čím vyšší zátěž, tím více je DF závislá na intenzitě.

Spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_2$ ) a relativní spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Spotřeba kyslíku udává spotřebovaný kyslík v litrech za minutu. Relativní spotřeba kyslíku pak vztahuje tuto hodnotu na kilogram váhy ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

Tepový kyslík ( $\text{VO}_2 \cdot \text{TF}^{-1}$ )

Množství kyslíku využitého z krve vypuzené jedním srdečním stahem.

Ventilační ekvivalent pro kyslík a pro oxid uhličitý ( $\text{VEO}_2$ ,  $\text{VECO}_2$ )

Počet litrů vzduchu, které musí člověk nadýchat, aby spotřeboval 1 litr kyslíku. Ventilační ekvivalent je měřítkem ekonomiky dýchání a nepřímým ukazatelem funkce alveolokapilární membrány. (Vilikus,2004)

Aktuální poměr výměny dýchacích plynů (RER)

RER je poměr vyloučeného  $\text{CO}_2$  ke spotřebovanému  $\text{O}_2$  a je spolehlivý ukazatel metabolického vytížení. Pro dosažení maximálních funkčních hodnot je potřeba, aby RER dosáhlo hodnoty alespoň 1,1 – 1,15.

## **2.2 Specifická funkční zátěžová diagnostika**

Jelikož je obecným úkolem zátěžové diagnostiky zhodnotit aktuální kondiční stav (vybrané funkční parametry) jedince v daném sportovním odvětví, specifická hraje při testování jednu z hlavních rolí. Snahou tedy je testovat jedince testem, který co nejvíce odpovídá, nebo je totožný s jeho závodní disciplínou a to v laboratorním prostředí s podmínkami, za kterých je možné toto testování opětovně zopakovat.

Faktory specificity testu dle Wintera a kol.(2007):

- zapojení svalových skupin, typ aktivity a rozsah pohybu,
- intenzita a trvání aktivity,
- zapojené energetické systémy,
- druh použitého odporu.

Dle Radvanského (2011) u vysoce trénovaných jedinců, např. běžců, cyklistů, plavců a chodců je možné naměřit maximální příjem kyslíku při jejich specifické zátěži, kdy zřejmě hraje úlohu i tréninkem podmíněné optimální zapojení svalstva v souladu s ostatními funkčními systémy

## 4. Antropometrické a fyziologické předpoklady výkonu ve sportovním lezení

Dle Goddarda a Neumanna (1993) jsou hlavními faktory ovlivňující lezecký výkon: síla, vytrvalost, flexibilita a koordinace. Draper a Hodgson (2008) uvedli, že zásadní komponenty pro výkon jsou: výbušnost, síla, vytrvalost a flexibilita

Samozřejmě kromě těchto základních parametrů se v lezeckém výkonu objevují další neméně důležité faktory. Dle Goddarda a Neumanna (1993) je to například: technika, taktika, psychologické aspekty (zvládnutí strachu, schopnost koncentrace).

Watts (2004) uvádí hypotetický model elitního sportovního lezce:

- Menší výška postavy a nízká hmotnost.
- Malé procento tělesného tuku.
- Velká sílová vybavenost horní poloviny těla v poměru k tělesné hmotnosti.
- Vysoká dynamická a izometrická svalová vytrvalost.
- Veliká svalová síla horní poloviny těla.
- Střední až vysoká aerobní zdatnost.

### Antropometrické charakteristiky

Dle Wattse (2004) je typický moderní elitní lezec relativně malý s nízkým procentem tělesného tuku. Watts (1993) ve své obsáhlé studii porovnával 39 špičkových závodníků. Tito lezci měli střední postavu  $1,778 \pm 0,065$  m a vážili  $66,6 \pm 5,5$  kg. Ženy měřily v průměru  $1,654 \pm 0,040$  m a vážily  $51,1 \pm 5,1$  kg. Procento tělesného tuku bylo naměřeno  $4,7 \pm 1,3$  % u mužů a  $10,7 \pm 1,7$  % u žen. Dle Baláše (2009) se ukazuje, že vyšší lezecká výkonnost je spojena s nižším procentem tělesného tuku. Schweizer a Furrer (2007) shledali významnou zápornou korelaci mezi tělesnou hmotností a lezeckým výkonem RP ( $r = -0,47$ ) i OS ( $r = -0,48$ ) a také byla zjištěna slabší závislost tělesné výšky s lezeckým výkonem RP ( $r = -0,38$ ) a OS ( $r = -0,41$ ).

## Flexibilita

Jak už bylo řečeno na začátku kapitoly, flexibilita je dle mnoha autorů (Goddard a Neumann, 1993; Draper a Hodgson, 2008; Horst, 2008) jedním z hlavních faktorů lezeckého výkonu. Specifická flexibilita také úzce souvisí s technikou a díky její dobré úrovni je lezec schopen lézt efektivněji a ušetřit mnoho sil. Důležitá je pak zejména flexibilita kyčelního a ramenního kloubu. S dobrou úrovní flexibility pak pro lezce nejsou problémem pohyby těla, kdy musí těžiště držet blízko u skály, vytáčení těla stranou ke skále či tzv. „nasednutí“ na nohu. Grant (1996) nenašel významný rozdíl v testu předklon v sedu mezi výkonnostními a rekreačními lezci a nelezci, ale uvádí lepší výsledky u výkonnostních lezců v testu čelní rozštěp prováděném v lehu na zádech. Také Nachbauer (1991) shledal významný vztah mezi bočním a čelním rozštěpem a lezeckým výkonem. Draper a kol. (2009) zjistili silný vztah mezi lezeckou výkonností a testem „zvednutí nohy a nasednutí na ní“ ( $r = 0,65$ ). K podobným výsledkům dospěl i Řehoř (2010). Byla tak potvrzena důležitost specifické flexibility v kyčelním kloubu ve smyslu abdukce a zevní rotace.

## Svalová síla a vytrvalostní schopnosti

Obecně se autoři shodují, že svalová síla a vytrvalostní schopnosti jsou zásadní pro lezecký výkon. U sportovních lezců se měří především síla a vytrvalost flexorů prstů, předloktí a celých paží a to hlavně pomocí dynamometrie (Giles a kol., 2006).

Baláš (2009) ve svém článku srovnává studie zabývající se silovými schopnostmi lezců a dochází k závěru, že relativní úroveň stisku ruky (síla stisku vyjádřena v poměru k tělesné hmotnosti) přímo koreluje s lezeckým výkonem a je jedním z hlavních ukazatelů lezeckého výkonu. Michálková (2009) ve své studii došla ke stejnému závěru. Watts (2004) ale uvádí své sledování EMG záznamů svalů předloktí při šesti různých úchopech (otevřený úchop, zavřený úchop, stisk a dvouprstová kapsa). U všech těchto typů úchopů byla změřena výrazně vyšší MVC než na ručním dynamometru. Watts (2004) tak naznačuje, že ruční dynamometrie není nejvhodnější nástroj pro zjišťování svalové síly lezců. Tento trend také potvrzuje Giles a kol. (2006) a poukazuje na skutečnost, kdy z nejvíce užívaných druhů úchopů (otevřený, zavřený, polozavřený a stisk) se ruční dynamometrie shoduje pouze s úchopem ve stisku. Napříč těmto

diskuzím, se relativní úroveň stisku hojně využívá jako jeden z hlavních prediktorů výkonu.

Grant (2001) se domnívá, že hlavní rozdíl mezi elitními a rekreačními lezci je v síle prstů. Toto tvrzení potvrzuje například studie Quaineho a kol. (2003), kdy lezci byli schopni prsty vyvinout daleko větší sílu než nelezci ( $420 \pm 46\text{N}$  proti  $342 \pm 56\text{N}$ ). Také studie Schweizera a Furrera (2007) prokázala významnou korelaci mezi výkonem RP a relativní silou (síla vztažená na hmotnost jedince) v testu flexe zápěstí  $r = 0,57$ ; flexe prstů  $r = 0,48$  a flexe v PIP kloubu (kloub mezi proximálním a mediálním článkem prstu)  $r = 0,32$ .

V otázce měření svalové vytrvalosti zjistili Ferguson a Brown (1997), že při nepřerušovaném testu (40% MVC) měli lezci a nelezci podobný čas výdrže, pokud byl ale test přerušovaný – 5s kontrakce a 2s relaxace, měli lezci čas  $853 \pm 75,6$  s a nelezci  $420 \pm 68,9$  s tedy skoro dvojnásob. K podobným výsledkům došel také Quaine a kol. (2003). Ten zvolil jiný protokol: zátěž 80% MVC a doba kontrakce i odpočinku 5s. Lezci dosáhli času 185s a nelezci 115s.

Tyto studie naznačují, že lezci mají díky lepší vazodilatační kapacitě pomalejší nástup únavy a lepší míru zotavení (Ferguson a Brown, 1997).

Dalšími testy významně korelující s lezeckým výkonem jsou výdrž ve shybu (Baláš a Strejcová, 2009; Grant, Hynes a kol., 2009) a výdrž na liště (Nachbauer, Fetz a kol., 1987; Baláš a Strejcová, 2009).

## 5. Fyziologické odezvy organismu na specifickou lezeckou zátěž

Jak uvádí Billatová a kol. (1995), během lezení dochází ke střídání statických a dynamických fází. Statické fáze zabírají 30 – 70 % celkového času lezení cesty. Dle Wattse (2004) se doba lezení cesty pohybuje většinou od 2 do 7 minut. Lezení je velice různorodou disciplínou a podmínky nejsou téměř nikdy stejné. Nároky na sportovce z hlediska znalosti velké škály pohybů, povrchů, taktiky a techniky jsou obrovské.

Podle Baláše (2009) jsou význačnými faktory ovlivňující energetickou náročnost lezení především rychlost, profil lezené cesty, velikost a konfigurace chytů, zkušenost lezců, styl lezení, informační náročnost cesty a směr pohybu.

Dále se budeme věnovat výčtu studií, které se věnovaly energetické náročnosti lezení. Řazení bude dle faktoru energetické náročnosti, který daná studie sledovala.

### 5.1 Technika a typ cesty

Billatová a kol. (1995) testovali malou skupinku čtyř elitních lezců. Každý lezec se podrobil testu  $VO_{2max}$  na běhacím páse, stahování kladky ( $VO_{2peak}$  horních končetin) a lezení dvou stejně obtížných cest (7b franc. stupnice) s rozdílnou technickou a orientační náročností.

První cesta byla kolmá s menšími chyty a hůře čitelná. Naproti tomu druhá cesta vedla převisem a chyty v ní byly větší, ta se jevila fyzicky náročnější.

V lezeckých cestách bylo naměřeno 45,6 % ( $24,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) v cestě první a 37,7 % ( $20,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) v druhé, z hodnoty  $VO_{2max}$  naměřené na běhátku.  $VO_2$  během lezení se více blížilo hodnotám naměřených při stahování kladky 111,6 % a 92,2 %. Srdeční frekvence byla také naměřena vyšší u technicky náročnější cesty a to  $176 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$  a  $159 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$ . Celkový čas lezení obou cest byl téměř totožný (3 min 46 s a 3 min 44 s), ale rozdíl byl v taktice zdolání cesty, kdy převislá cesta dovoľovala delší odpočinek na větším chytu a poté následovalo rychlejší tempo přelezu obtížnějších úseků cesty. Kdežto u kolmé (první) cesty musel lezec cestu zdat kontinuálním lezením bez možnosti delšího odpočinku na větším chytu.

Také Geus a kol. (2006) porovnávali cesty stejné obtížnosti (9 UIAA) v různém profilu. Celkově došli v této studii k výrazně vyšším hodnotám maximální spotřeby kyslíku během lezení ( $VO_{2peak}$ ) a to ve všech čtyřech profilech. Byly to cesty v převisu ( $41,4 \pm 4,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), v kolmé stěně ( $44,4 \pm 5,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), traverz v převisu ( $40,5 \pm 4,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a traverz v kolmé stěně ( $39,1 \pm 5,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Tyto výrazně vyšší hodnoty by mohly být naměřeny díky jinému typu protokolu, který využil Geus a kol. (2006) oproti Billatové a kol. (1995). V jeho studii sice rychlost lezení také nebyla určena, ale lezci neměli povoleno odpočívat v cestě déle než 5s potřebných pro nanesení magnesia na ruce, lezli tedy kontinuálně bez větších pauz. Navíc zde byly povoleny dva pády s možností okamžitého pokračování v cestě. Bylo tedy povoleno pokračovat po pádu zaviněným zhoršenou koordinací při zvyšující se únavě. Celkově bylo zjištěno, že fyziologicky (SF, průměrná  $VO_2$ , RER a koncentrace laktátu) nejnáročnější byly cesty s vertikálním přesunem, tedy v převisu a v kolmém profilu. Menší hodnoty byly naměřeny v kolmém a převislém traverzu. Dle autorů je toto možný důsledek zapojení odlišných svalových skupin, větší technické náročnosti cesty s možností lepší pozice pro odpočinek ve vertikále a pohybem těla v horizontální rovině.

## 5.2 Sklon (převislost) cesty

Odlišnou fyziologickou náročnost během lezení v různých sklonech se pokoušela objasnit Mermierová a kol. (1997). Její kontrolní skupina lezla top-rope nahoru a dolů na 6,35m vysoké stěně. Obtížnost cesty se zvyšovala spolu s úhlem sklonu a doba lezení v každém sklonu byla 5 minut. První nejlehčí vertikální cesta ( $90^\circ$ ) měla obtížnost 5.6 YDS a byly v ní naměřeny hodnoty: SF  $142 \pm 19 \text{ tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $VO_2$   $20,7 \pm 8,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; krevní laktát  $1,64 \pm 0,63 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . V druhé mírně převislé cestě ( $106^\circ$ ) obtížnosti 5.9 YDS naměřili hodnoty: SF  $155 \pm 15 \text{ tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $VO_2$   $21,9 \pm 5,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; krevní laktát  $2,4 \pm 0,68 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Ve třetí nejpřevislejší cestě byly naměřeny nejvyšší hodnoty u všech třech uvedených parametrů: SF  $163 \pm 15 \text{ tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $VO_2$   $24,9 \pm 4,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; krevní laktát  $3,2 \pm 0,97 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Všechny tyto hodnoty byly počítány z průměrných hodnot. I přes lineární vzestup



u všech uvedených parametrů, hodnota RER zůstávala pořád téměř stejná 0,81; 0,84 a 0,86.

Také Watts a Drobish (1998) se pokoušeli podobným způsobem zjistit fyziologickou odezvu během lezení při zvětšujícím se sklonu. Použili lezecký naklápečí ergometr. Ten byl naklápen v pěti sklonech 80°, 86°, 91°, 96° a 102° měřeno k vertikále. Protokol, který byl použit, obsahoval 4 minuty lezení na všech sklonech. Odpočinek před zvýšením sklonu byl 6 minut. Náročnost cesty vzrůstala od 5 UIAA při úhlu 80° až po 8 UIAA v největším sklonu 102°. Obtížnost se tedy zvyšovala díky většímu sklonu, dále díky rozmístění a velikosti chytů. Proband mohl lézt rychlostí, která mu v dané obtížnosti vyhovovala a na kterou byl zvyklý, počet nalezených metrů byl tedy v jeho režii.

Studie potvrdila zvyšující se SF s větším sklonem, ale hodnoty  $VO_2$  zůstávaly stále na stejné úrovni kolem  $30 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Také hladina krevního laktátu se začala zvyšovat a to od 91° a lineárně dále rostla. Krevní tlak se naopak snižoval se zvyšujícím se úhlem a negativně koreloval s hladinou laktátu ( $r = -0,96$ ). Celková energetická náročnost se pohybovala v úzkém rozmezí mezi  $10,4 - 11,2 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ . Jelikož si lezci sami určovali tempo během 4 minut lezení, můžeme přepočítat energetický výdej na jeden vylezený metr. U této hodnoty dostáváme zajímavější data, kdy při sklonu 80° a 86° bylo rozmezí energetické náročnosti mezi  $1,5 - 2,0 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ , zatímco při nejvyšším sklonu  $5,0 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Dle Mermierové a kol. (1997) byla tato studie poznamenána malými změnami sklonu lezeckého ergometru a tím i nízkou odezvou organismu na zvýšenou zátěž. Poukazuje také na SF, která se sice zvýšila z hodnoty  $156 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$  při sklonu 80° na  $171 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$  při 91° sklonu, z této hodnoty se však dále výrazně nezvyšovala ( $171 - 173 \text{ tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ani při zvětšování úhlu na 96° a 102°. Mermierová a kol. (1997) také upozorňuje na disproporční vztah mezi SF a  $VO_2$ .

### 5.3 Zkušenost lezců

Bertuzzi a kol. (2007) porovnávali zapojení energetických systémů během lezení. Srovnáváno bylo 6 špičkových závodních lezců a 7 lezců rekreačních. Protokol měření obsahoval tři cesty se vzrůstající obtížností od 5.10a, 5.11b YDS a nejtěžší 5.12b. Přičemž rekreační lezci lezli pouze nejlehčí cestu. Právě hodnoty  $VO_2$  na nejlehčí cestě ukázaly velký rozdíl mezi skupinami. Průměrná hodnota  $VO_2$  rekreačních lezců byla  $30,3 \pm 7,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , přičemž u elitní skupiny byla spotřeba jen  $23,0 \pm 5,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . I přesto, že měla elitní skupina výrazně lepší anaerobní sílu horní poloviny těla, nebyl zaznamenán žádný výrazný rozdíl mezi elitní a rekreační skupinou z hlediska procentuálního zastoupení jednotlivých energetických systémů během lezení. To by mohlo dle autorů znamenat, že zlepšení ekonomičnosti lezení by mohlo mít větší vliv na výkon než zlepšení funkce energetických systémů.

Dále autoři klasifikují hlavní energetické systémy, které jsou zapojovány během lezení: jsou to aerobní a anaerobní alaktátový systém, navíc dle autorů nemá na podíl zapojení těchto systémů během lezení vliv trénovanost, obtížnost cesty nebo aerobní či anaerobní zdatnost horní poloviny těla. Samozřejmě je zde také zastoupen anaerobně laktátový systém. Autoři také zmiňují myšlenku, že by lezecká ekonomičnost pohybu mohla souviset s kontrolou rovnováhy a držením těla během lezení. Pro toto tvrzení však nejsou vědecké důkazy. Je na dalších studiích aby zjistili proměnné, které určují vliv na ekonomičnost pohybu během lezení.

Také Janotová a kol. (2000) testovali začátečníky a pokročilé lezce na dvou cestách. Lehčí cesta měla obtížnost 5.6 YDS a těžší pak 5.9 YDS. Bohužel autoři měřili pouze SF a antropometrické charakteristiky lezců. Také jejich měření ukázalo nižší SF u pokročilých lezců oproti začátečníkům. Přičítají to větší efektivnosti lezecké techniky u pokročilých lezců a lepší orientaci v cestě. U začátečníků mohl sehrát roli také strach.

#### 5.4 Styl lezení, předchozí znalost cesty

Draper a kol. (2008) chtěli svou studií porovnat fyziologické odezvy při lezení cesty stylem OS a při druhém opakování RP. Test byl proveden na umělé stěně a k dispozici měli 10 středně pokročilých lezců. Cesta měla obtížnost 5c (Franc. st.). U lezců byly měřeny následující hodnoty: čas lezení, koncentrace krevního laktátu (klidová hodnota, hodnota před a ihned po výkonu, 15 minut po výkonu), spotřeba kyslíku a srdeční frekvence. Průměrné hodnoty spotřeby kyslíku  $VO_2$  a SF neukázaly významné rozdíly OS- $VO_2$ :  $26,54 \pm 2,46 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; SF:  $161 \pm 6 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$  a RP- $VO_2$ :  $25,98 \pm 2,48 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; SF:  $159 \pm 6 \text{ tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ . Celkový čas lezení byl ovšem při druhém opakování cesty kratší: OS -  $213 \pm 46 \text{ s}$ , RP -  $199 \pm 33 \text{ s}$  a také hladina krevního laktátu ihned po výkonu byla nižší, u cesty na OS –  $3,7 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  a u cesty RP  $3 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Průměrné  $VO_2$  při lezení, bylo 46 % respektive 45 %, maximálního  $VO_2$  stanoveného na běhacím páse. Což jsou podobné hodnoty naměřené Billatovou a kol. (1995).

Autoři potvrdili, že s předchozí znalostí cesty je lezec schopen vylézt cestu rychleji a s nižší hladinou krevního laktátu. Dodávají, že předchozí znalost cesty má vliv na fyziologickou a emocionální stresovou reakci z lezení (zkoumáno dotazníkem CSAI-2R).

Draper a kol. (2010) zjišťoval fyziologické a psychologické odezvy při vyvádění cesty (RP) a při lezení s horním jištěním (TR). Studie se účastnilo devět pokročilých lezců s max. RP výkonem 6a – 6c. Jejich  $VO_{2\text{max}}$  naměřené na běhacím páse bylo  $58,7 \pm 6,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  a maximální hodnota srdeční frekvence byla  $195 \pm 8 \text{ tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ . Po zjištění těchto maximálních hodnot v laboratorním prostředí, absolvovali lezci dva specifické testy na lezecké stěně. Mezi každým testem byly minimálně dva dny volna. Testovací cesta byla dlouhá 9,39 m o obtížnosti 6a. Cesta měla mírně převislý profil ( $5^\circ$  od vertikály) a místo umělých chytů na ní byly použity hlavně struktury imitující skálu. Lezci zde absolvovali dva testy, lezení stylem RP a TR.

Autoři shledali výrazný rozdíl v čase lezení cesty, hladině krevního laktátu a srdeční frekvenci 1 minutu po dokončení cesty. Čas „vyvádění“ cesty byl  $3 \text{ min } 13 \text{ s} \pm 30 \text{ s}$  a čas při lezení cesty s horním jištěním byl  $1 \text{ min } 27 \text{ s} \pm 22 \text{ s}$ . Během „vyvádění“ cesty bylo průměrné  $VO_2$  44 % ( $40,87 \pm 6,63 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a při lezení top-rope 42 % ( $38,29 \pm 5,92 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) z hodnoty  $VO_{2\text{max}}$  naměřeného na běhacím páse.

Průměrná srdeční frekvence pak dosahovala 81% ( $159 \pm 6 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$ ) respektive 77% ( $151 \pm 5 \text{ tepů} \cdot \text{min}^{-1}$ ) pro lezení TR. Krevní laktát změřený ihned po dokončení cesty dosahoval hodnot:  $3,1 \pm 0,6 \text{ (mmol} \cdot \text{l}^{-1})$  a  $2,5 \pm 0,9 \text{ (mmol} \cdot \text{l}^{-1})$  u TR.

Dle autorů výsledky této studie naznačují, že fyziologické požadavky na lezce jsou větší při „vyvádění“ cesty než při lezení s horním jištěním a přidané energetické nároky jsou hrazeny pomocí anaerobního metabolismu. Disproporční zvýšení SF oproti  $\text{VO}_2$  během obou stylů lezení je přisuzováno metaboreflexu a autoři se v tomto shodují s tvrzením Sheela a kol. (2003). Ačkoli nebyly změřeny žádné výrazné rozdíly v pocitech úzkosti ani při jednom ze stylů lezení, účastníci vnímají lezení s vyváděním cesty za fyzicky i psychicky náročnější.

## 5.5 Rychlost lezení

Booth a kol. (1999) měřili maximální spotřebu kyslíku během lezení na speciálním lezeckém ergometru. Použili protokol se zvyšující se rychlostí lezení. Toto výsledné  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  poté porovnávali se spotřebou kyslíku na cestě s nižší obtížností, ale na venkovní skále. Soubor probandů tvořilo 7 lezců s OS maximem 6b – 7a.

Na lezeckém ergometru lezci absolvovali 3 lezecké testy, každý při jiné rychlosti. První a druhý test trval 5 minut a rychlost lezení byla 8 a 10  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Odpočinek mezi každým testem byl 20 minut. Při třetím testu byla počáteční rychlost 12  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ , po pěti minutách se rychlost zvýšila na 14  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ , od sedmé minuty byla rychlost udržována na 16  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$  a lezci měli za úkol lézt až do maximálního vyčerpání.

K maximálnímu volnému vyčerpání došlo po 8 až 10 minutách lezení což je adekvátní čas pro stanovení maximální aerobní kapacity (Billatová a kol., 1995; Ferguson a Brown, 1997).

$\text{VO}_2$  a SF se zvyšovaly lineárně k zvětšující se rychlosti respektive obtížnosti. Autoři tak mohli vytvořit regresivní rovnici  $\text{VO}_2$  pro jednotlivé rychlosti lezení:  $\text{VO}_2 = 11,8 + (2,36 \times \text{rychlost lezení})$ .  $\text{SF} = (70,3 + 9,32) \times \text{rychlost lezení}$ .

Ustálený stav SF a  $\text{VO}_2$  výrazně korelovaly s časem lezení při rychlosti 8, 10 a 12  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r = 0,76$ ). Průměrný čas lezení do maxima během třetího testu byl 7 min 44s  $\pm$  40 s, rychlost 12 – 16  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ .  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  byl naměřen  $43,8 \pm 2,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  a SF  $190 \pm 4 \text{ tepy} \cdot \text{min}^{-1}$ , hladina krevního laktátu byla  $10,2 \pm 0,6 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ .

Během lezení přírodní cesty, které trvalo  $7 \text{ min } 36 \text{ s} \pm 33 \text{ s}$  a rychlost lezení byla  $3,2 \pm 0,2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , se srdeční frekvence dostala na 83% ( $157 \pm 8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) SF naměřené na lezeckém ergometru. U hodnoty  $\text{VO}_2$  to bylo 75% ( $32,8 \pm 2,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) z  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . Pokud bychom užili regresní rovnici pro určení  $\text{VO}_2$  při rychlosti jakou byla lezena tato cesta, měla by spotřeba kyslíku být  $19,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  a SF  $100 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Hodnoty naměřené během lezení venku byly tedy mnohem vyšší, než hodnoty odhadované dle rovnice stanovené pro lezení na lezeckém ergometru. Toto zjištění může mít dle autorů mnoho příčin, například větší psychickou náročnost, nebo delší izometrické fáze během lezení a také větší převislost přírodní cesty.

Delší, náročnější a komplexnější izometrická kontrakce úzce souvisí právě s převislostí cesty, jelikož izometrická zátěž horních končetin a celé horní poloviny těla je při lezení v převisu větší, mimo jiné díky omezené práci nohou.

Zvýšená opakovaná izometrická kontrakce během lezení v přírodním terénu, tedy může být příčina prudkého zvýšení SF, krevního tlaku a spotřeby kyslíku. Větší energetickou náročnost převislé cesty potvrdila ve své studii také Mermierová a kol. (1997). Dle autorů bylo důležité také zjištění, že během kontinuálního lezení na vertikálním lezeckém ergometru proband našel 40 metrů, než dosáhl hladiny krevního laktátu  $4,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , zatímco během lezení venku dosáhl této hladiny již po 24 metrech lezení.

V nedávné studii použila Romerová a kol. (2009) stejný protokol jako Booth a kol. (1999). K dispozici měla vzorek čítající 16 lezců, 8 mužů a 8 žen. Lezci byli rozděleni do skupin dle výkonu v lezení cesty stylem OS na skupinu, Expert: muži 7b+ až 8a+ ( $n = 6$ ), ženy 6c až 7a+. A Elitní skupinu: muži 8b až 8c ( $n = 2$ ), ženy 7b až 7c ( $n = 2$ ).

Nebyly naměřeny žádné antropometrické ani fyziologické rozdíly mezi elitní a expertní skupinou kromě času lezení do vyčerpání. Elitní skupina měla výrazně delší čas lezení než skupina Expert ( $770,2 \pm 385 \text{ s}$  oproti  $407,7 \pm 150 \text{ s}$ ).

Autoři nevyklučují, že by na výkon mohla mít vliv také technika lezení, ale dodávají, že všichni lezci kromě jednoho dosáhli rychlosti  $16 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  a průměrný čas lezení při této rychlosti byl u skupiny Expert: 2 min a u Elitní skupiny: 8 min, dle tvrzení probandů, pro ně nebyl problém tuto rychlost zvládat. Díky těmto okolnostem se autoři domnívají, že limitující jsou fyziologické parametry. Navíc by dle autorů specifická testu mohla být lepší, kdyby se obtížnost zvyšovala díky postupnému zvětšování sklonu cesty než díky stoupající rychlosti.

Hodnoty  $VO_{2peak}$ , které naměřil Booth a kol. (1999), ( $43,8 \pm 2,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) byly nižší než hodnoty naměřené v této studii ( $53,6 \pm 3,68 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Důvod může být opravdu elitní vzorek lezců v této studii (muži skupina expert: 7b, elita: 8b), přesto že Booth a kol. (1999) měli ve svém souboru také pokročilé lezce, průměrný výkon OS 6b+, lezci této studie jsou výkonnostně o několik tříd výš.

Autoři neshledali významný rozdíl v hodnotě  $VO_{2peak}$  mezi skupinou Expert a Elita, což podle nich může znamenat, že na nejvyšším stupni lezecké výkonnosti, spotřeba kyslíku není klíčový faktor pro lezecký výkon (limitní faktor výkonu), ke stejnému závěru došel i Watts (2004). Navíc poznamenávají, že v této a Boothově (1999) studii byl  $VO_{2peak}$  měřen při rychlosti  $16 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  a podle autorů docházelo spíše k měření ekonomičnosti lezení než  $VO_{2max}$ . To ale nic nemění na faktu, že při použití tohoto protokolu se zvyšující se rychlostí byly naměřeny nejvyšší hodnoty  $VO_2$  během lezení a že čas lezení do maxima může být hlavní determinující faktor lezeckého výkonu mezi elitními lezci. Bohužel Romerová a kol. (2009) ani Booth a kol. (1999) neprovedli měření  $VO_{2max}$  na běhacím páse či bicyklovém ergometru a nemůžeme tak hodnoty  $VO_{2peak}$  porovnat s maximální hodnotou  $VO_2$ .

Magalhães, Ferreira a kol. (2007) provedli studii zaměřenou na analýzu plasmy. Podívejme se na jejich studii z pohledu funkčního testování a maximální spotřeby kyslíku. Vzorek obsahoval 14 lezců. Ti byli nejdříve podrobeni testu na běhacím páse do volního maxima. Týden poté následoval lezecký test do maxima, který probíhal na umělé stěně. Probandi lezli stylem RP, cesty měly obtížnost od 6b do 7a, dle výkonnosti lezce. Každý mohl lézt dle svého vlastního tempa, ale neměl povoleno odpočívat na velkém chytu déle než 5 s potřebných pro nanesení magnézia na ruce. Po dolezení cesty byl lezec spuštěn na zem a ihned začal lézt znova. Týden po tomto specifickém testu následoval opět test na běhacím páse. Tentokrát byl zvolen protokol, kdy lezci měli běžet stejnou dobu, jakou trval jejich lezecký test. Rychlost byla uzpůsobena průměrné spotřebě kyslíku naměřené během lezení.

Průměrné  $VO_{2max}$  skupiny, určené na běhacím páse bylo  $54,5 \pm 2,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , SF pak  $197,5 \pm 6,2 \text{ tepů}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Hodnoty naměřené během lezeckého testu pak byly mnohem vyšší, než hodnoty naměřené při posledním běžeckém testu, kdy byla použita stejná doba trvání a spotřeba kyslíku.

Během lezení měli probandi  $VO_{2peak}$  na 61 % ( $33,39 \pm 2,11 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) z  $VO_{2max}$ . Také vzestup SF byl daleko strmější než při běhu (91.32 %  $SF_{max}$  proti 61.38 %  $VO_{2max}$ ) a hodnoty ventilace v procentech z  $VE_{max}$  byly u lezení  $56,79 \pm 4,25$  % a u běhu  $37,86 \pm 5,81$  %. Krevní laktát byl  $6,08 \pm 0,88 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  respektive  $1,91 \pm 0,43 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  u běhu. Autoři se shodují s Sheelem a kol. (2003), že pokud při lezení probíhá v předloktí izometrická kontrakce, dochází zároveň k aktivaci svalového autonomního mechanismu (metaboreflex), který vyvolá silnou odezvu sympatiku a dojde k disproporčnímu zvýšení srdeční frekvence. Navíc rozdíly v SF, RER a krevním laktátu mezi lezením a během ukazují, že i když byly testy prováděny při stejném  $VO_2$ , každá z aktivit vykazuje jiný typ zatížení.

## 6. Závěry teoretické části

Sportovní lezení je bráno jako adrenalinový sport, ale oproti horolezectví se vyznačuje nízkou mírou objektivního nebezpečí a zaměřením přímo na lezecký pohyb a výkonnost. Kromě samotné obtížnosti cesty je u přeletu důležitý styl, jakým je výstup proveden. Během lezení dochází ke střídání statických a dynamických fází a statické fáze mohou zabírat 30 – 70 % celkového času lezení cesty. Doba lezení cesty se většinou pohybuje od 2 do 7 minut.

Úspěch v lezecké cestě není závislý jen na fyzických předpokladech, jakými jsou síla, vytrvalost a flexibilita, ale také velkou měrou na technice, taktice a psychice. Typický sportovní lezec je středně vysoký, s nízkým procentem tělesného tuku a hmotností. Vyniká velkou silovou vybaveností hlavně horní poloviny těla, paží a zejména prstů. Nutná je také dobrá úroveň flexibility, především kyčelního kloubu.

Pro testování síly se využívá zejména ruční dynamometrie, vis na liště a výdrž ve shybu. Pro testování lokální vytrvalosti prstů se osvědčují intermitentní testy.

Z pohledu energetické náročnosti, se lezení řadí mezi aktivity se střední energetickou náročností. Krevní laktát může dosahovat hodnot až  $10 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  a srdeční frekvence má disproporční vzestup oproti  $\text{VO}_2$ , což je vysvětlováno vlivem izometrických kontrakcí a následným zapojením metaboreflexu.

Nejvyšší hodnoty spotřeby kyslíku byly naměřeny Romerovou a kol. (2009) a Boothem a kol. (1999), za použití protokolu se zvyšující se rychlostí  $53,6 \pm 3,68 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , maximální hodnoty při vlastním tempu se pohybovaly kolem  $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (Geus a kol., 2006; Draper a kol., 2010) a průměrná spotřeba kyslíku je udávána v rozmezí  $20\text{--}35 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Tyto nové studie ukázaly vyšší hodnoty  $\text{VO}_2$  během lezení než ty, které byly dříve prezentovány Billatovou a kol. (1995) nebo Mermierovou a kol. (1997). Možným vysvětlením je změna testovacích protokolů. Zdá se tedy, že aerobní složka výkonu může být důležitější, než se předpokládalo. Nyní nastává otázka, jakou roli bude hrát maximální spotřeba  $\text{O}_2$  vzhledem k specifickému lezeckému výkonu. Naší snahou bude ověřit, zda testování za pomoci zvyšování sklonu cesty nebude výhodnější z pohledu specifičnosti, než testy s protokolem se zvyšující se rychlostí.

Náročnost lezecké cesty ovlivňuje mnoho faktorů, přičemž nejvýznamnější jsou rychlost lezení a sklon. Další velmi významné faktory jsou technika, typ cesty, zkušenost lezce a styl lezení.



## 7. Cíle práce

Determinace maximální specifické spotřeby kyslíku při lezení s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti.

## 8. Úkoly práce

- vybrat lezce s různou úrovní výkonnosti
- postavit vhodné lezecké cesty
- určit konstantní rychlost lezení
- určit ideální zvyšování obtížnosti pomocí vzrůstajícího sklonu stěny
- realizovat vlastní měření
- vyhodnotit výsledky měření

## 9. Metodika

### 9.1 Soubor

Náš výzkumný soubor tvořil dvacet šest lezců, kteří se dobrovolně účastnili testování. Průměrný věk skupiny byl  $26,8 \pm 3,3$  roků, hmotnost  $70,6 \pm 6,2$  kg a tělesná výška  $1,78 \pm 0,07$  m. Do skupiny byla vybrána široká škála probandů od úplných začátečníků až po elitní lezce. Od každé výkonnostní třídy (dle výkonu RP na stupnici UIAA) bylo vybráno několik lezců pro vytvoření rozmanitého souboru. Nejnižší hodnota lezecké výkonnosti RP byla 4 UIAA a nejvyšší 10 UIAA. Soubor se skládal převážně ze studentů UK, FTVS. Lezci se sami označili stupněm výkonnosti na klasifikační stupnici UIAA. Tato metoda stanovení lezecké výkonnosti je považována za dostatečně přesnou (Draper a kol. 2011). Každý z probandů podepsal informovaný souhlas, kde byl

srozuměn s obsahem testování. Testování bylo schváleno Etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu, UK, viz příloha č. 1.

## **9.2 Typy testů a metody měření (použité přístroje)**

Všechna měření a testování se prováděla v Laboratoři sportovní motoriky, FTVS UK a všichni probandi měli vždy stejné podmínky. Testování každého probanda začalo měřením somatických charakteristik, následoval specifický lezecký test na umělé stěně. Po tomto specifickém testu do maxima měl lezec minimálně hodinovou pauzu na úplné zotavení. Poté přišel na řadu test na běhacím páse pro určení maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ).

### **9.2.1 Somatické charakteristiky**

*Tělesná hmotnost* byla měřena na digitální váze s přesností na 0,1 kg. Proband měl na sobě jen nejnnutnější oblečení a byl bez obuvi.

*Tělesná výška* byla měřena digitálním lékařským měřidlem. Testovaný stojí bez obuvi a zaujme stoj spatný, tělo i hlava jsou ve vzpřímené poloze, paže volně podél těla. Výška byla měřena s přesností na 0,1 cm.

*Složení těla* bylo měřeno metodou bioelektrické impedance (BIA). U této metody se složení těla měří díky stanovení odporu, který tělo klade proudu o nízké intenzitě a vysoké frekvenci.

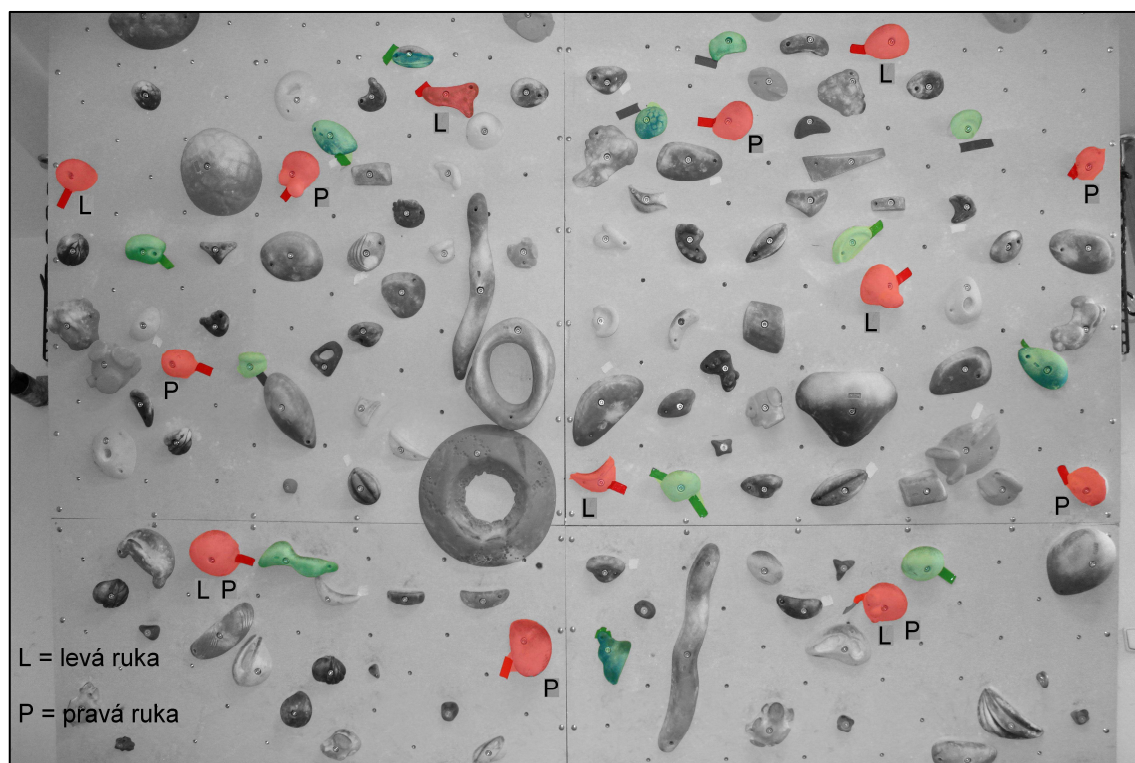
Proband leží na zádech, bosý. Na nárt a hřbet ruky jedné strany těla jsou připevněny vždy dvě elektrody. Použito bylo multifrekvenční zařízení Nutriguard-M, které měří celotělovou bioimpedanci na frekvencích 1-5-50-100 kHz.

Dle Bunce (1998) je aktuální hodnota ovlivněná některými faktory jako je teplota těla nebo zásoby svalového glykogenu, které se projeví v naměřených hodnotách. Navíc dodává, že BIA je citlivá na stav hydratace a dokáže zachytit příjem či úbytek tekutin v objemu menším než 0,5 l. Havlíčková (1999) uvádí, že metoda BIA, ve srovnání s jinými metodami, nadhodnocuje procenta tělesného tuku asi o 4%.

## 9.2.2 Lezecký test

Specifický lezecký test byl proveden na 3 m vysoké a 3 m široké lezecké stěně. Na této stěně je možné měnit sklon od kolmého profilu (90°) až po převislý (135°) a to i během lezení. Bezpečnost probandů byla zajištěna díky měkké dopadové matraci, která pokryla celý prostor pod stěnou, a nebylo tedy potřebné žádné další jistící vybavení. Na stěně byly postaveny dvě lezecké cesty, které měly tvar kola, přičemž začínaly a končily na stejném chytu. Obě lezecká kolečka obsahovala 15 lezeckých „kroků“. Za lezecký krok je považováno, pokud ruka změní pozici z jednoho chytu na druhý. Pohyb nohou není brán v potaz. Během testu neměl lezec pevně stanoveny stupy pro nohy a mohl libovolně využívat kterékoli chyty či stupy. Před zahájením testu si lezci vyzkoušeli obě dvě cesty a nacvičili jednotlivé kroky.

Obrázek č. 1: Lezecké cesty. Červená barva = cesta pro rozcvičení. Zelená barva = cesta pro test do maxima.



První cesta byla určena pro submaximální část testu – rozcvičení. Byly na ni použity velké chyty a měla takovou obtížnost, aby tuto cestu zvládli lézt i začátečníci (viz obr. č. 1). Rozcvičení bylo pro všechny lezce stejné a trvalo 2 x 3 minuty. První tři minuty byla stěna v kolmé poloze 90° a poté byla mírně nakloněna na 105°. Rychlost lezení byla po celou dobu testu konstantní – 25 kroků za minutu.

Ideální rychlost lezení byla předem diskutována s elitními lezci a byla nalezena co nejvhodnější frekvence lezení pro vertikální i převislou cestu. Po celou dobu testu byla rychlost udávána digitálním metronomem a její dodržování bylo kontrolováno pověřenou osobou. Pokud lezec nebyl schopen dodržet stanovenou rychlost lezení, test byl ukončen.

Po této submaximální rozcvičce následoval 4 minutový odpočinek před hlavní částí testu. Pro hlavní část testování do maxima byli lezci rozděleni do dvou skupin dle výkonnosti. První skupinu tvořili lezci, jejichž výkon RP byl do hodnoty 8- UIAA včetně, ve druhé skupině pak byli lezci s výkonem 8 UIAA a vyšším. Méně zkušení lezci z první skupiny začínali test na stěně s náklonem 95°, lezci druhé skupiny na 105°. V této maximální části testu se lezla druhá cesta (viz obr. č. 1), která měla stejně rozmístěné chyty a stejný počet kroků. Velikost chytů však byla menší a tedy i obtížnost byla větší. Obtížnost dále vzrůstala zvětšováním sklonu cesty, vždy po 3 minutách lezení o 10°. Test byl ukončen, poté co lezec nebyl schopen udržet chyty a spadl, nebo pokud nezvládl dodržet tempo lezení.

Obrázek č. 2: Lezecký test do maxima



Obrázek č. 3: Lezecký test – rozcvičení



### 9.2.3 Test na běhacím páse

Po uplynutí hodinového odpočinku, který následoval po lezeckém testu, přišel na řadu závěrečný maximální test na běhacím páse (Quasar, Cosmos, Germany). Test opět začínal submaximálním rozcvičením se sklonem 0 %, které trvalo 2 x 4 minuty při rychlosti 10 a 12 km·h<sup>-1</sup>. Následoval 4 minutový odpočinek a poté maximální stupňovaný test. Během něho byl po celou dobu konstantní sklon 5 %, rychlost běhu začínala na 10 km·h<sup>-1</sup> a každou minutu se zvýšila o 1 km·h<sup>-1</sup> až do volního maxima probanda.

Obrázek č. 4: Test na běhacím páse



#### 9.2.4 Analýza respiračních plynů a srdeční frekvence

Po celou dobu trvání lezeckého i běžeckého maximálního testu, byly měřeny následující hodnoty: minutová ventilace, spotřeba kyslíku a vydechovaný oxid uhličitý ( $V_{CO_2}$ ). Pro měření byl použit přenosný spyrometrický přístroj (MetaMax®, CortexBiophysic, Germany). Ten byl připevněn na hrudník pomocí speciální páskové vesty a nijak neomezoval testovaného v pohybu (viz obr. č 2). Přístroj váží pouze 570 g, takže ani z toho pohledu nebyl pro lezce nijak výraznou zátěží navíc. MetaMax® byl vždy před měřením kalibrován dle návodu uvedeného výrobcem. Kalibrace byla prováděna pomocí 3 litrového vzduchového válce. Poměr  $O_2$  a  $CO_2$  byl v kalibračním plynu 15%  $O_2$  a 5%  $CO_2$ . Zaznamenaná data byla zprůměrnována do 20 s intervalů. Respirační koeficient (RER) byl počítán z poměru  $CO_2$  a  $O_2$ . Spolu s  $V_E$  byla měřena DF a  $V_T$ . Pro záznam srdeční frekvence měl proband na sobě snímací sportesterový pás Polar X-Trainer Plus (Polar Elektro OY, Finland) a SF byla zaznamenávána přes rozhraní přístroje MetaMax®. Maximální srdeční frekvence ( $SF_{max}$ ) byla definována jako nejvyšší hodnota dosažená během testu.

#### 9.2.5 Statistické zpracování dat

Normalita rozložení pro všechny proměnné byla zjišťována testem Kolmogorov-Smirnov. Pro porovnávání fyziologické odezvy organismu během lezeckého testu a testu na běhacím páse byla použita deskriptivní statistika (průměr, směrodatná odchylka). Vztahy mezi lezeckými dovednostmi a kardiorespiračními proměnnými byly definovány pomocí Pearsonova korelačního koeficientu ( $r$ ) a pro sílu lineární závislosti byla použita jeho druhá mocnina, koeficient determinace ( $R^2$ ). Pro názorné zobrazení intenzity lezení byly hodnoty naměřené během lezeckého testu vztaženy k maximálním hodnotám naměřených na běhacím páse.

## 10. Výsledky

### Somatické charakteristiky

Průměrné procento tuku u lezců v našem souboru bylo naměřeno  $10,5 \pm 0,2$  % a tato hodnota nijak výrazně nekorelovala s lezeckým výkonem. Tělesná výška byla  $177,6 \pm 6,5$  cm a poměr ECM/BCM ukázal průměrnou hodnotu  $0,7 \pm 0,1$ . Průměrná tělesná hmotnost souboru byla  $70,6 \pm 6,2$  kg.

### Maximální test na běhacím páse

Průměrná doba trvání samotného maximálního testu, vedoucí k vyčerpání probanda byla  $5 \text{ min } 11 \text{ s} \pm 64 \text{ s}$ . Průměrná minutová ventilace dosáhla hodnoty  $139,3 \pm 11,9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a průměrná maximální spotřeba  $\text{VO}_2$   $4,1 \pm 0,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Spotřeba kyslíku vztažená na kilogram hmotnosti pak měla hodnotu  $59,7 \pm 5,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Průměrná maximální dechová frekvence během testu byla  $52,2 \pm 8,2 \text{ dech}\cdot\text{min}^{-1}$ . Aktuální poměr výměny dýchacích plynů (RER) byl  $1,17 \pm 0,06$  a maximální srdeční frekvence měla průměrnou hodnotu  $193 \pm 8,2 \text{ tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ . Poměr  $V_E/\text{VO}_2$  ukázal hodnotu  $34,1 \pm 3,1 \text{ l}$ .

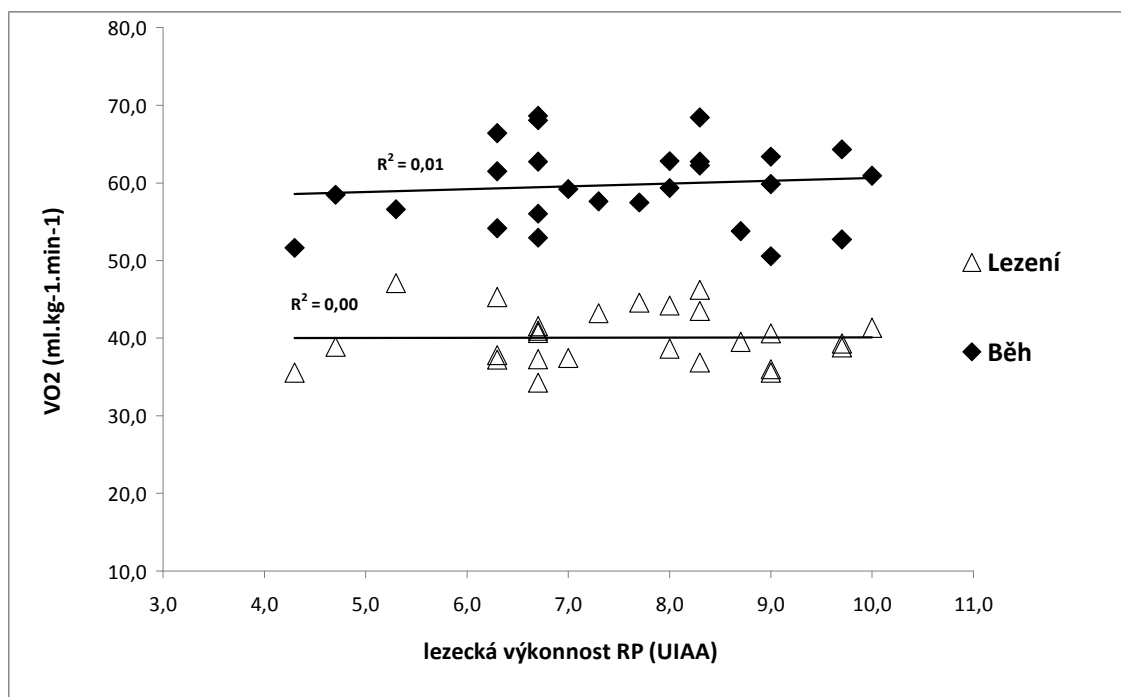
Tabulka č. 2: Porovnání hodnot naměřených během lezeckého a běžecského testu. Hodnoty v závorkách zobrazují vztah k lezecké výkonnosti RP.

	Maximální lezecký test	Maximální běžecský test	Lezení / Běh
$\text{VO}_2$ ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$40,3 \pm 3,5$ (0,00)	$59,7 \pm 5,1$	$0,68 \pm 0,07$ (- 0,08)
SF ( $\text{tepy}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$178 \pm 11$ (0,41)	$193 \pm 8$	$0,92 \pm 0,04$ (0,55)
$V_E$ ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$74,9 \pm 10,1$ (0,34)	$139,3 \pm 11,9$	$0,54 \pm 0,09$ (0,46)
DF ( $\text{dech}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$35,4 \pm 6,4$ (0,04)	$52,2 \pm 8,2$	$0,68 \pm 0,14$ (0,18)
$V_T$ (l)	$2,20 \pm 0,40$ (0,20)	$2,95 \pm 0,29$	$0,73 \pm 0,10$ (0,27)
$V_E/\text{VO}_2$ (l)	$26,6 \pm 4,1$ (0,38)	$34,1 \pm 3,1$	$0,79 \pm 0,13$ (0,52)
RER	$0,98 \pm 0,07$ (0,41)	$1,17 \pm 0,06$	
Čas (min:s)	$6:43 \pm 2:35$	$5:11 \pm 1:04$	

## Specifický lezecký test do maxima

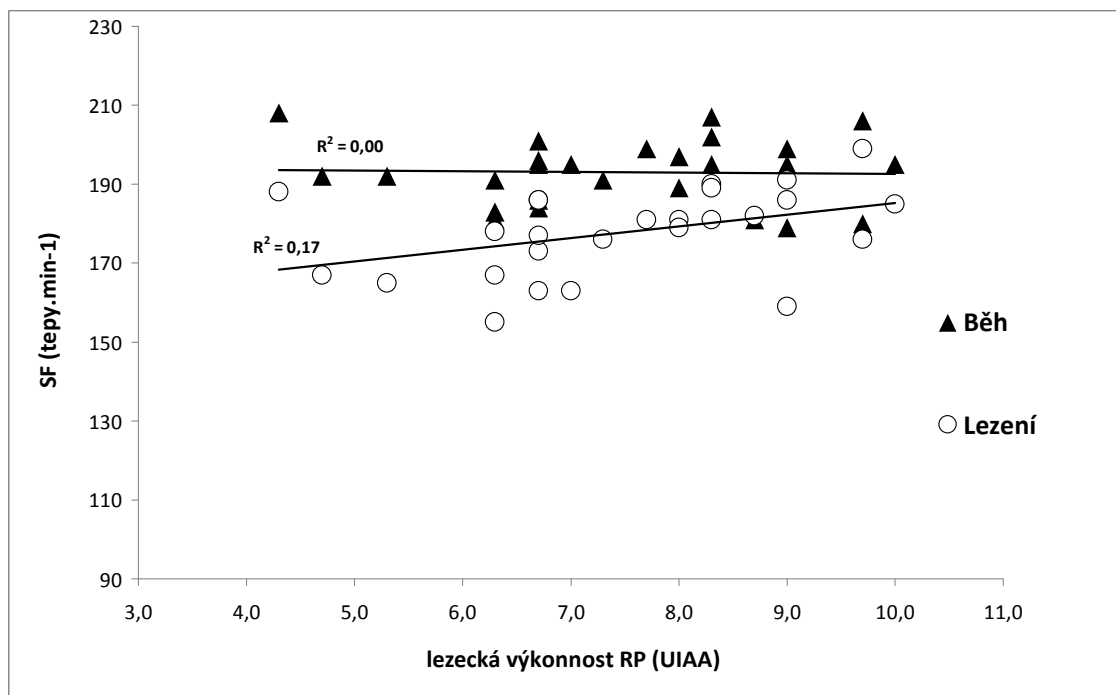
Průměrná doba trvání maximálního testu byla  $6:43 \pm 2:35$  min:s. Právě doba lezení měla druhou nejsilnější korelaci s lezeckou výkonností,  $r = 0,82$ . Nejvíce koreloval s lezeckým výkonem dosažený sklon cesty  $r = 0,89$ . Lezci od výkonnosti 9- UIAA byli schopni dosáhnout při lezení největšího sklonu cesty  $135^\circ$ . Nejlepší probandi s výkony RP na úrovni 10 UIAA, pak byli schopni lézt až téměř do konce celého testu, který po 12 minutách trvání a sklonu  $135^\circ$  dosáhl své maximální obtížnosti.

Graf č. 1.: Vztah lezecké výkonnosti RP (UIAA) a  $VO_2$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ).





Graf č. 2: Vztah lezecké výkonnosti RP (UIAA) a srdeční frekvence (tepy·min<sup>-1</sup>).



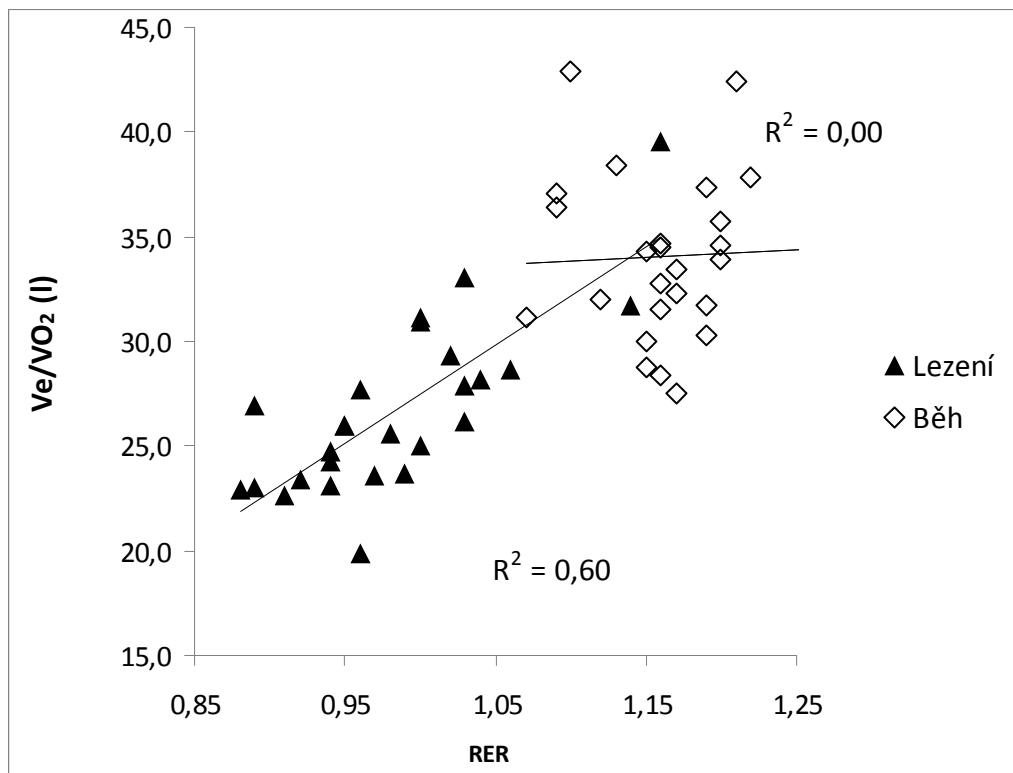
Průměrná hodnota maximální srdeční frekvence byla  $178 \pm 11$  tepy·min<sup>-1</sup>, což odpovídá  $92 \pm 4$  % z hodnoty  $SF_{\max}$  naměřené na běhacím páse. Srdeční frekvence během lezení měla středně silnou korelaci ( $r = 0,41$ ) s lezeckou výkonností, viz graf č. 2.

Hodnota RER byla naměřena  $0,98 \pm 0,07$ . Silný vztah ( $R^2 = 0,60$ ) byl nalezen mezi ventilačním ekvivalentem pro kyslík a RER během maximálního lezeckého a běžeckého testu, viz graf č. 3.

Průměrná maximální relativní spotřeba kyslíku měla hodnotu  $40,3 \pm 3,5$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> což odpovídalo  $68 \pm 7$  % maximální hodnoty naměřené na běhacím páse. A tato hodnota neměla žádnou závislost ( $R^2 = 0,00$ ) na výkonnosti RP, viz graf č. 1.

Průměrná maximální dechová frekvence během testu byla  $35,4 \pm 6,4$  dech·min<sup>-1</sup>. Minutová ventilace  $V_E$  dosáhla hodnoty  $74,9 \pm 10,1$  l·min<sup>-1</sup> a dechový objem  $V_T$  činil  $2,20 \pm 0,40$  l. Ventilační ekvivalent pro kyslík dosáhl hodnoty  $26,6 \pm 4,1$  l. Viz tabulka č. 2.

Graf č. 3: Vztah mezi ventilačním ekvivalentem pro kyslík a RER během maximálního lezeckého a běžeckého testu.



## 11. Diskuse

Hlavním úkolem našeho testování bylo zjistit specifickou spotřebu kyslíku během lezení se zvyšujícím se sklonem lezecké cesty a s konstantní rychlostní lezení. Vzorek probandů obsahoval lezce všech výkonností od úplných začátečníků až po elitu. Podle toho co víme, je tato studie první, která zkoumá fyziologickou odezvu organismu během lezení při zvyšování přepislosti lezecké cesty za konstantní rychlosti a na nezměněné lezecké cestě.

Protokol maximálního lezeckého testu, který jsme zvolili, se ukázal jako vhodný pro testování aktuální sportovní výkonnosti, jelikož doba lezení potřebná k maximálnímu volnému vyčerpání lezce silně korelovala s lezeckým výkonem ( $r = 0,82$ ) a také sklon, kterého lezci dosáhli, ukázal silnou korelaci k výkonu ( $r = 0,89$ ). Průměrný čas trvání specifického testu byl 6 min 43 s  $\pm$  2 min 35 s, což odpovídá adekvátní délce testu dle Billatové a kol., (1995) a Fergusona a Browna, (1997). Maximální doba trvání testu byla 12 minut, od 9 do 12 minuty lezli lezci v nejvyšším sklonu 135°, ukázalo se, že obtížnost cesty byla zvolena dobře pro tuto výkonnostně širokou skupinu lezců. Tím, že méně zdatní lezci začínali na menším sklonu, se podařilo prodloužit čas jejich testu. Lezci, s největší výkonností v našem souboru (10 UIAA), končili test v časech 11 min 50 s, respektive 11 min 35 s. Je tedy zřejmé, že pro lezce s vyšší výkonností by tento test pravděpodobně nevedl až k úplnému vyčerpání a musela by být ztížena samotná cesta, nebo spíše by pro tuto elitu musela být zkonstruována speciální cesta. Rozdíl ve výkonnosti by byl příliš velký a nešlo by měřit na stejném typu testu úplné začátečníky i lezce na vrcholové úrovni.

Hodnotami antropomotorických charakteristik náš soubor odpovídal popisu typického sportovního lezce dle Watse (2003) viz kapitola 4. Z pohledu obecné zdatnosti, byl náš soubor nadprůměrný a hodnota  $VO_{2max}$   $59,7 \pm 5,1$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> naměřená na běhacím páse, odpovídala dle Bunce (1989) profesionálním kajakářům či volejbalistům. Tedy i lezci s nižší lezeckou výkonností byli dobře trénovaní.

Billatová a kol. (1995) testovala vliv profilu na fyziologické odezvy, naměřila výrazně nižší hodnoty než při našem testování. Nejspíše hlavně díky nevhodnému protokolu

a struktúre cesty. Lezci si volili vlastní tempo a odpočinková místa v cestě jim pak dovolila dostatečný odpočinek. Její naměřené hodnoty byly nízké:  $24,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  pro cestu v kolmém profilu, respektive  $20,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  pro převislou cestu. Mermierová a kol. (1997) porovnávala hodnoty dosažené na cestách s různým sklonem ( $90^\circ$ ,  $106^\circ$  a  $151^\circ$ ). Také ona zjistila velmi nízké hodnoty v porovnání s naší studií. V první a druhé cestě naměřila maximální  $\text{VO}_2$   $20,7 \pm 8,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  respektive  $21,9 \pm 5,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , v nejpřevislejší cestě pak hodnotu  $24,9 \pm 4,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . V tomto případě může být na vině fakt, že lezci lezli TR nahoru a dolů s tím, že náročnost lezení dolů je menší než při stoupání vzhůru. Navíc rychlost lezení nebyla stanovena a lezci volili vlastní tempo. Watts a Drobish (1998) také měřili náročnost lezení se zvětšujícím sklonem. Lezci lezli vlastním tempem a sklon byl zvyšován postupně od  $80^\circ$ ,  $86^\circ$ ,  $91^\circ$ ,  $96^\circ$  po  $102^\circ$ , to mělo sice za následek zvětšení energetické náročnosti, ale jen při přepočtu na jeden ulezený metr, jelikož se zvyšující se obtížností (větší sklon cesty), klesala výrazně rychlost lezení. Maximální hodnoty  $\text{VO}_2$  však zůstávaly na určitém plató, kolem hodnoty  $30 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Tuto skutečnost mohl také ovlivnit fakt, že zvětšování sklonu bylo jen pozvolné a maximální sklon byl jen  $102^\circ$ , nemohly se tak výrazně projevit větší nároky kladené na horní polovinu těla při lezení v převislém terénu, jako v naší studii. Nicméně tyto studie potvrdily větší energetickou náročnost během lezení v převislém terénu.

Velmi podobné hodnoty těm naměřeným v naší studii, zjistili Geus a kol. (2006) a Draper a kol. (2010). Geus a kol. (2006) testovali lezce na cestách lezených stylem TR a bez lana na nízké stěně. Probandi lezli vlastním tempem, ale neměli dovoleno odpočívat na chytu déle než 5 s. Během lezení naměřil maximální hodnoty  $\text{VO}_{2\text{peak}}$   $41,3 \pm 4,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , což odpovídalo  $79 \pm 11 \%$   $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $52,2 \pm 5,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Skupina lezců v této studii měla nižší celkové  $\text{VO}_{2\text{max}}$  než náš soubor, díky tomu i procentuální podíl  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  na  $\text{VO}_{2\text{max}}$  byl v naší studii zjištěn menší, konkrétně  $68 \pm 7 \%$ . Reálné hodnoty  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  však byly téměř na stejné úrovni ( $40,3 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Tato skutečnost by se dala interpretovat tím, že specifická lezecká spotřeba kyslíku není závislá na obecné aerobní zdatnosti  $\text{VO}_{2\text{max}}$ . Také Draper a kol. (2010) zjistili hodnoty srovnatelné s těmi našimi a to během vyvádění cesty:  $40,9 \pm 6,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  a TR lezení  $38,3 \pm 5,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Jeho soubor měl téměř totožné  $\text{VO}_{2\text{max}}$  s naším  $58,7 \pm 6,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  a shodné byly i hodnoty srdeční frekvence.

Během lezení s horním jištěním bez rizika pádu naměřil výrazně kratší čas (1 min 30 s) než při vyvádění cesty (3 min 10 s), přičemž hodnoty  $VO_{2peak}$  byly téměř shodné. Plató pohybující se kolem  $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  dosáhl tedy také bez určeného tempa lezení a na mírně převislé cestě  $95^\circ$ . Naše studie ukázala shodné výsledky a podporuje tedy myšlenku určitého plató při lezení vlastním tempem na hodnotě zhruba  $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . V naší studii, na rozdíl od výše zmiňovaných, bylo tempo dané. Nebylo však vzrůstající a bylo zvoleno tak, aby korespondovalo s obvyklou rychlostí lezení.

Studie Romerové a kol. (2009) a Bootha a kol. (1999), které do testovacího protokolu přidali zvyšující se tempo lezení, zjistili vyšší hodnoty  $VO_2$  a ukazují, jak může mít daná rychlost lezení zásadní vliv na fyziologickou odezvu.

Oba autoři použili totožný protokol s dvěma počátečními 5 minutovými submaximálními testy s rychlostí 8 a  $10 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  a 20 minutovou přestávkou. Maximální test pak začínal na rychlosti  $12 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  a po pěti minutách se rychlost zvýšila na  $14 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , od sedmé minuty byla rychlost udržována na  $16 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ . Dále se rychlost nezvyšovala a probandi lezli až do maxima.

Ve studii Bootha a kol. (1999) byly naměřeny maximální hodnoty  $43,8 \pm 2,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  a ve studii Romerové a kol. (2009) hodnoty  $49,2 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  pro ženy a  $53,6 \pm 3,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  pro muže. Tento rozdíl ve studiích připisuje Romerová a kol. (2009) větší lezecké výkonnosti jejího souboru: 8b Franc. st. oproti 6b+ Franc. st. Díky tomu byli probandi schopni lézt delší dobu a dosáhnout vyšších hodnot. Bohužel ani u jedné ze studií nemůžeme výsledky lezeckého testu porovnat s maximálním  $VO_{2max}$  změřeným na běžeckém pásu. I přesto je z výsledků zřejmé, že lezci dosahovali při použití tohoto protokolu se zvyšující se rychlostí všeobecně vyšších hodnot.

Jaké jsou tedy příčiny tohoto výrazného zvýšení funkčních parametrů? Odpověď bychom mohli najít u minutové ventilace  $V_{Emax}$ , jejíž hodnota byla během našeho testu výrazně nižší  $74,9 \pm 10,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  než při testu Romeové a kol. (2009)  $138,7 \pm 25,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Minutová ventilace je podmíněna dechovou frekvencí a dechovým objemem. Jelikož dle výsledků Mezinárodního biologického programu (Seliger, Bartůněk, 1976 in Vilikus, 2004) mají sportovci obou pohlaví při maximální zátěži jen o málo vyšší hodnoty dechového objemu než nesportovci a dle Vilikuse (2004) jsou

statisticky významnější rozdíly v dechové frekvenci, budeme se věnovat právě jí. Dechová frekvence byla během našeho maximálního lezeckého testu  $35,4 \pm 6,4$  dechy·min<sup>-1</sup> což odpovídá  $68 \pm 14\%$  DF běhu  $52,2 \pm 8,2$  dechů·min<sup>-1</sup>.

Díky vyšší DF je tedy možné dosáhnout větší minutové ventilace a s tím spojené vyšší spotřeby kyslíku  $VO_{2max}$ . Romerová a kol. (2009) ve své studii naměřila hodnotu  $VE_{max}$  při lezení téměř stejnou jako jsme naměřili v naší studii na běhacím páse. Z tohoto vyplývá, že DF probandů měřených na jejím lezeckém ergometru, musela být také podobná té, kterou jsme naměřili my u běhu, tedy 50 dechů za minutu.

Pokud tedy u lezení, tak jako u jiných sportů platí, že rychlost lokomoce ovlivňuje dechovou frekvenci. Přičemž tato skutečnost zatím nebyla prokázána, ale jasně tomu naznačují výsledky našich submaximálních testů (počet dechů silně koreloval s tempem lezení), které budou publikovány v jiné práci. Mohla by vyšší spotřeba kyslíku záviset zejména na rychlosti lezení a s ní spojenou vyšší dechovou frekvencí.

Zde je na místě otázka, jak bude do budoucna výhodnější koncipovat lezecké testovací protokoly do maxima. Zda obtížnost zvyšovat rostoucím sklonem cesty či zvyšující se rychlosti lezení.

Je evidentní, že s rostoucí rychlostí vznikají větší nároky na techniku a plně automatizované pohyby. Romerová a kol. (2009) konstatuje, že při nejvyšší rychlosti  $16 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$  dle ní šlo spíše o měření ekonomičnosti lezení, což je samozřejmě také složka výkonu a nemůžeme ji při specifickém testování tak úplně oddělit. Je však pravda, že při nižší rychlosti by vliv techniky a koordinace mohl být menší. Také během našeho měření, byl výrazný rozdíl v pohybovém projevu během lezení mezi začátečníky a pokročilými lezci, který se projevil nejen na vyšší ekonomičnosti a plynulosti pohybu, ale také na nižší spotřebě kyslíku a SF během submaximálního testu a nejspíše pak také na delším lezeckém čase v maximálním testu.

Tempo lezení 25 kroků za minutu, které jsme zvolili, se ukázalo jako ideální, jelikož lezci neměli problém s jeho dodržováním a zároveň jim při vyšším sklonu nedovolilo odpočívat. Pro lezce vyšší výkonnosti by nebyl problém při delším odpočinku na větším chytu získat částečně síly zpět a čas testu vedoucí k vyčerpání by se o dost prodloužil. Tempo je nutilo k pravidelné opakované izometrické kontrakci a ti nejlepší se přiznali, že právě tato okolnost nakonec vedla k jejich úplnému vyčerpání.

Zdá se, že zvýšením rychlosti lezení a s tím spojenou dechovou frekvencí bychom mohli dosáhnout vyšších hodnot specifické maximální spotřeby kyslíku, je ale otázkou, zda by to nebylo na úkor specifičnosti.

Středně silný vztah ( $r = 0,41$ ) byl zjištěn u srdeční frekvence vzhledem k lezecké výkonnosti, viz graf č. 2. Lezci s delším časem lezení a tím pádem větší výkonností měli více času a to jim dovolilo dosáhnout vyšší SF. Takováto souvislost však nebyla zjištěna u  $VO_2$  (viz graf č. 1), které nemělo tendenci vzrůstat s prodlužující se dobou testu a jak již bylo řečeno nehledě na výkonnost a sklon, se drželo na určitém plató  $40 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Můžeme tak potvrdit disproporční růst SF vzhledem ke spotřebě kyslíku, na který již dříve poukázali mnohé studie (Billatová a kol., 1995; Booth a kol., 1999; Mermierová a kol., 1997; Watts, 2004; Sheel, 2004).

Další významná korelace byla zjištěna u ventilačního ekvivalentu pro kyslík. A to v případě, pokud byl poměr  $V_E/VO_2$  vztažen k RER. Lezci s vyšší výkonností dosahovali větší hodnoty  $V_E/VO_2$ , tedy hyperventilovali a díky tomu mohli dosáhnout vyššího RER, viz graf č. 3. Je otázka, zda jsou lezci s vyšší výkonností schopni překonat určitý anaerobní práh a nebo je jejich dech vázán na lezecký krok. Lezci často během obtížných krokových sekvencí v cestě zadržují dech a poté dohánějí kyslíkový dluh hyperventilací. Je na budoucích výzkumech zjistit, jak může zlepšení práce s dechem napomoci lezeckému výkonu a který typ dýchání je nejúčinnější pro maximální lezecký výkon.

## 12. Závěr

Při našem měření s konstantní danou rychlostí lezci dosáhli určitého plató na hodnotě  $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Největší korelace s lezeckou výkonností (RP) byla shledána během maximálního specifického testu k dosaženému sklonu  $r = 0,89$ . Hodnota srdeční frekvence měla středně silný vztah k lezeckému výkonu  $r = 0,41$  a i naše studie potvrdila disproporční růst srdeční frekvence vůči spotřebě kyslíku.

Byl zjištěn silný vztah ( $r = 0,77$ ) ventilačního ekvivalentu pro kyslík vztaženého k hodnotě RER, poukazující na odlišné dechové projevy u pokročilejších lezců během maximální zátěže, zejména hyperventilaci. Zvýšená práce svalů horních končetin při lezení v převisu, určené tempo lezení a podmíněnost dechové frekvence může mít vliv na nižší  $V_E$  a s ní spojenou spotřebu kyslíku.

Maximální specifická spotřeba kyslíku během lezení pravděpodobně nebyla dosažena, ale test s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti je vhodný pro testování lezecké výkonnosti.



### 13. Použitá literatura

BALÁŠ, J. Fyziologické aspekty sportovního lezení. *Česká kinantropologie*, 2009, vol. 13, no. 3, p. 156-167.

BALÁŠ, J., STREJCOVÁ, B. AND HRDLIČKOVÁ, A. Comparison of muscular strength and body composition in recreational and performance sport climbers. In I. TURČOVÁ AND M. ANDY. *Outdoor activities in educational and recreational programmes*. Prague: IYNF, 2009, p. 140-147.

BILLAT, V., PALLEJA, P., CHARLAIX, T., RIZZARDO, P. AND JANEL, N. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1995, vol. 35, p. 20-24.

BIRD, S. AND DAVIDSON, R. *Physiological Testing Guidelines*. Edition ed. Leeds: The British Association of Sport and Exercises Science, 1997.

BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Edition ed. Praha: Univerzita Karlova, 1989. ISBN 80-7066-214-X.

BUNC, V. Inovace predikčních rovnic pro stanovení složení těla bioimpedanční metodou a měřením tloušťky horních řas. In *Interní grant II*. Praha: Karlova Univerzita, 1998.

DE MORAES BERTUZZI, R.C., FRANCHINI, E., KOKUBUN, E. AND PEDUTI DAL MOLIN KISS, M.A. Energy system contributions in indoor rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, Oct 2007, vol. 101, no. 3, p. 293-300.

DRAPER, N., BRENT, S., HODGSON, C. AND BLACKWELL, G. Flexibility assessment and the role of flexibility as a determinant of performance in rock climbing. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 2009, vol. 9, no. 1, p. 67-89.

DRAPER, N., DICKSON, T., BLACKWELL, G., FRYER, S., PRIESTLEY, S., WINTER, D. AND ELLIS, G. Self-reported ability assessment in rock climbing. *Journal of Sports Sciences*, 2011, vol. 29, no. 8, p. 851-858.

DRAPER, N., JONES, G.A., FRYER, S., HODGSON, C. AND BLACKWELL, G. Effect of an on-sight lead on the physiological and psychological responses to rock climbing. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2008, vol. 7, no. 4, p. 492-498.

DRAPER, N., JONES, G.A., FRYER, S., HODGSON, C.I. AND BLACKWELL, G. Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *European Journal of Sport Science*, 2010, vol. 10, no. 1, p. 13-20.

FERGUSON, R.A. AND BROWN, M.D. Arterial blood pressure and forearm vascular conductance responses to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 1997, vol. 76, no. 2, p. 174-180.

GEUS, B.D., O'DRISCOLL, S.V. AND MEEUSEN, R. Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *European Journal of Applied Physiology*, 2006, vol. 98, p. 489-496.

GILES, L.V., RHODES, E.C. AND TAUNTON, J.E. The Physiology of Rock Climbing. *Sports Medicine*, 2006, vol. 36, no. 6, p. 529-545.

GODDARD, D. AND NEUMANN, U. *Performance rock climbing*. Edition ed. Mechanicsburg: Stackpole Books, 1993.

GORE, C.J. *Physiological Tests for Elite Athletes*. edited by A.S. COMMISSION. Edition ed. Australia: Human Kinetics, 2000.

GRANT, S., HASLER, T., DAVIES, C., AITCHISON, T.C., WILSON, J. AND WHITTAKER, A. A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of Sports Sciences*, 2001, vol. 19, no. 7, p. 499-505.

GRANT, S., HYNES, V., WHITTAKER, A. AND AITCHISON, T. Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 1996, vol. 14, no. 4, p. 301-309.

GRANT, S., SHIELDS, C., FITZPATRICK, V., MING LOH, W., WHITAKER, A., WATT, I. AND KAY, J.W. Climbing-specific finger endurance: a comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *Journal of Sports Sciences*, 2003, vol. 21, no. 8, p. 621-630.

HÖRST, E.J. *Training for Climbing*. Edition ed.: Globe Pequot, 2008. 304 p. ISBN 0762746920.

INTERNATIONAL MOUNTAINEERING AND CLIMBING FEDERATION (UIAA), *Comparison between UIAA grades and other grading systems* [online]. c2007, last revision 13th of March 2011 [cit. 2012-03-14].<<http://www.theuiaa.org/standards.html>>.

JANOT, J.M., STEFFEN, J.P., PORCARI, J.P. AND MAHER, M.A. Heart rate responses and perceived exertion for beginner and recreational sport climbers during indoor climbing. *Journal of Exercise Physiology Online*, 2000, vol. 3, no. 1.

KUČERA, M. AND DYLEVSKÝ, I. *Sportovní medicína*. Edition ed. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-725-7.

MAGALHAES, J., FERREIRA, R., MARQUES, F., OLIVERA, E., SOARES, J. AND ASCENSAO, A. Indoor Climbing Elicits Plasma Oxidative Stress. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2007, vol. 39, no. 6, p. 955-963.

MERMIER, C.M., ROBERGS, R.A., MCMINN, S.M. AND HEYWARD, V.H. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 1997, vol. 31, p. 224-228.

MICHÁLKOVÁ, J. Svalová síla a tělesné složení sportovních lezců. In *Katedra sportů v přírodě*. Praha: Karlova Univerzita, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2009, vol. Master.

MÁČEK, M. AND RADVANSKÝ, J. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Edition ed. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-695-3.

NACHBAUER, W. Étude sur les caractéristiques motrices spécifiques des grimpeurs de haut niveau. In C. DUPUY. *Actes du colloque E.N.S.A. Chamonix 1989*. Joinville-le-Pont: Actio, 1991, p. 192-196.

QUAINE, F., VIGOUROUX, L. AND MARTIN, L. Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 2003, vol. 24, no. 6, p. 424-427.

ŘEHOŘ, M. Specifické testy flexibility u sportovních lezců: reliabilita a vztah k lezeckému výkonu. In *Katedra sportů v přírodě*. Praha: Karlova Univerzita, 2010, vol. Bachelor, p. 42.

SCHWEIZER, A. AND FURRER, M. Correlation of forearm strength and sport climbing performance. *Isokinetics & Exercise Science*, 2007, vol. 15, no. 3, p. 211-216.

SHEEL, A.W., SEDDON, N., KNIGHT, A., MCKENZIE, D.C. AND WARBURTON, D.E.R. Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Jul 2003, vol. 35, no. 7, p. 1225-1231.

VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P. AND NOVOTNÝ, V. *Tělovýchovné lékařství*. Edition ed. Praha: Univerzita Karlova, Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0821-9.

WATTS, P.B. Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 2004, vol. 91, p. 361-372.

WATTS, P.B. AND DROBISH, K.M. Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1998, vol. 30, p. 1118-1122.

WATTS, P.B., JOUBERT, L.M., LISH, A.K., MAST, J.D. AND WILKINS, B. Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 2003, vol. 37, no. 5, p. 420-424.

WATTS, P.B., MARTIN, D.T. AND DURTSCHI, S. Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, 1993, vol. 11, p. 113-117.

WINTER, E.M. AND AL., E. *Sport and exercise physiology testing*. . Edition ed. Abingdon: British Association of Sport and Exercise Sciences, 2007.

## **14. Přílohy**

**Příloha č. 1 Souhlas etické komise FTVS UK.**

**Příloha č. 2 Informovaný souhlas.**



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
José Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín  
tel.: 220 171 111  
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

## Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

**Název:** Determinace maximální specifické spotřeby kyslíku při lezení s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti

**Forma projektu:** diplomová práce

**Autor (hlavní řešitel):** Bc. Miloš Kaláb

**Školitel (v případě studentské práce):** Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

### Popis projektu:

Cílem studie je zjistit maximální specifickou spotřebu kyslíku ( $VO_{2max}$ ) během lezení. Testování bude probíhat v Laboratoři sportovní motoriky FTVS UK na běhacím páse a lezecké stěně.

### Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Při provádění testů bude zajištěna maximální bezpečnost. Nebudou použity invazivní metody.

### Etické aspekty výzkumu

Testování se lezci zúčastní dobrovolně, jejich osobní údaje nebudou zveřejněny.

### Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 1.3.2012

Podpis autora:

*Kaláb*

## Vyjádření etické komise UK FTVS

**Složení komise:** Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.  
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.  
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.  
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 086/2012

dne: 9.3.2012

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

UNIVERZITA KARLOVA v Praze  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
José Martího 31, 162 52, Praha 6

*Bartůňková*  
podpis předsedy EK

## **Informovaný souhlas s účastí na testování pro diplomovou práci koordinovanou FTVS UK**

**Název:** Determinace maximální specifické spotřeby kyslíku při lezení s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti.

Ve výzkumu nebudou použity žádné invazivní metodiky, tento typ výzkumu neobsahuje zvláštní etické aspekty.

Měření budou prováděna za účelem sepsání diplomové práce. Bude se jednat o laboratorní měření maximálních funkčních parametrů na lezecké stěně a běhacím páse.

### **Realizace měření:**

Proband absolvuje nejdříve test do maximálního volního vyčerpání na lezecké stěně, následuje odpočinek minimálně jedna hodina. Poté proband absolvuje maximální test na běhacím páse.

Test na lezecké stěně:

Testování bude probíhat na 3m vysoké a 3m široké lezecké stěně a dopad pod stěnou bude zabezpečen velkou matrací, nebude tedy potřeba dalších jistících pomůcek. Test bude začínat rozcvičením na předem známé lezecké cestě, počáteční úhel stěny bude 90° a po 3 minutách se zvýší na 105°. Rychlost bude stálá po celou dobu testu 25 kroků za minutu a tempo bude udáváno metronomem. Po skončení rozcvičení následuje 4 minutový odpočinek před maximálním testem na druhé, také předem známé cestě. Méně zdatní lezci začínají na sklonu 95°, pokročilí na 105°. Každé 3 minuty se zvýší sklon stěny o 10° až do sklonu 135°. Test končí pádem lezce.

Test na běhacím páse:

Test bude zahájen rozcvičením (2 x 4 min) se submaximální rychlostí 10 a 12 km.h<sup>-1</sup>, při sklonu 0%. Následuje odpočinek 4 minuty před vlastním testem. Sklon během testu bude po celou dobu 5% a počáteční rychlost bude 10 km.h<sup>-1</sup>. Rychlost se bude zvyšovat každou minutu o 1 km.h<sup>-1</sup> až do volního vyčerpání.

Pan (í) ....., níže podepsaný (á), narozen (á) ..... po přečtení popisu měření souhlasí s účastí na testování pro diplomovou práci „Determinace maximální specifické spotřeby kyslíku při lezení s vzrůstajícím sklonem stěny a konstantní rychlosti“ prováděnou v rámci FTVS UK. V jeho průběhu může kdykoli opustit tento projekt.

Svým podpisem stvrzuji, že jsem byl(a) informován(a) o způsobu a postupu měření (viz výše), včetně možnosti následného anonymního použití dat.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Miloš Kaláb

.....

Testovaný:

.....

V Praze dne: .....