

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU



VZESTUP SRDEČNÍ FREKVENCE VE SKIALPINISMU  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce:

**Mgr. Ladislav Vomáčko, Ph.D.**

Zpracoval:

**Jan Hepnar**

Praha, srpen 2010

# **Abstrakt**

## **Název:**

Vzestup srdeční frekvence ve skialpinismu

## **Cíl práce:**

Hlavním cílem práce bylo zjistit rozdíly růstu srdeční frekvence při různých sklonech a s konstantním zvyšováním rychlosti na skialpinistickém trenažéru, přirovnání k anaerobnímu prahu testovaných a porovnání spotřeby kyslíku.

## **Metoda:**

Laboratorní testování 7 skialpinistů různé úrovně na skialpinistickém trenažéru. Výpočet maximální spotřeby kyslíku a anaerobního prahu.

## **Výsledky:**

Výsledky výzkumu potvrzují hypotézy, že srdeční frekvence stoupá konstantně během postupného zrychlování při různých sklonech. Maximální spotřeba kyslíku je vyšší nežli při testování na běhacím pásu a cyklistickém ergometru.

## **Klíčová slova:**

skialpinismus, srdeční frekvence, spotřeba kyslíku, skialpinistický trenažér

## **Abstract**

### **Title:**

The rise heart rate in ski-mountaineering.

### **Objectives:**

The main objective was to determine differences in heart rate of growth at different slopes and a constant increasing rate of ski-mountaineering trainer of this study, comparisons to the anaerobic threshold ski-mountaineerers and comparison of oxygen consumption.

### **Methods:**

Seven ski-mountaineerers of different levels were testing in laboratory of ski-mountaineering simulator. We calculate of maximum oxygen consumption and anaerobic threshold.

### **Results:**

The research results confirm the hypothesis that heart rate increases constantly during a gradual acceleration of the different gradients. Maximum oxygen consumption is higher on ski.mountaineerring trainer than this similar test on running and bicycle ergo meter.

### **Keywords:**

ski-mountaineering, heart rate, oxygen consumption, ski-mountaineer trainer

**Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil pouze uvedené literatury.**

.....

**Děkuji všem, kteří mi pomohli s realizací mé bakalářské práce, zejména dobrovolníkům, kteří se zúčastnili mého měření. Děkuji Mgr. Ladislavu Vomáčkovi, Ph.D. za cenné informace a podnětné rady při zpracování práce.**

**Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům.**

**Prosím, aby byla vedena evidence vypůjčovatелů, kteří musí pramen převzaté literatury řádně citovat.**

Jméno a příjmení

Datum vypůjčení

---

# Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2 CHARAKTERISTIKA SKIALPINISMU</b> .....	<b>10</b>
<b>3 HISTORIE SKIALPINISMU</b> .....	<b>10</b>
3.1 První závody.....	12
3.2 Závody v ČR.....	13
<b>4 FORMY SKIALPINISMU</b> .....	<b>14</b>
4.1 Skitouring.....	14
4.2 Závodní skialpinismus.....	15
4.2.1 Druhy závodů.....	15
<b>5 REŠERŠE DOSAVADNÍCH INFORMACÍ</b> .....	<b>18</b>
5.1 Závislost energetického výdeje na zatížení kotníků.....	18
5.2 Efekt trekových holí na výdeji energie a svalové činnosti při chůzi do kopce.....	18
5.3 Energetický výdej a zdatnost při skialpinismu (laboratorní měření).....	19
<b>6 TEORETICKÁ VÝCHODISKA</b> .....	<b>21</b>
<b>6.1 Charakteristika výkonu</b> .....	<b>21</b>
6.1.1 Anatomické hledisko.....	21
6.1.2 Fyziologické hledisko.....	23
6.1.3 Pohybové schopnosti.....	24
<b>6.2 Energetické krytí pohybové činnosti</b> .....	<b>24</b>
6.2.1 Svaly.....	24
6.2.2 Spotřeba a uvolnění energie při sportu.....	27
6.2.3 Způsob hrazení energie.....	28
<b>6.3 Ukazatele zatížení</b> .....	<b>34</b>
6.3.1 Srdeční frekvence.....	34
6.3.2 Tepová frekvence.....	34
6.3.3 Vlivy působící na srdeční frekvenci.....	35
6.3.4 Spotřeba kyslíku.....	36
6.3.5 Laktát.....	41
<b>7 CÍL A ÚKOLY PRÁCE A HYPOTÉZY</b> .....	<b>43</b>
7.1 Cíle bakalářské práce.....	43
7.2 Úkoly bakalářské práce.....	43
7.3 Hypotézy.....	43
<b>8 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU</b> .....	<b>45</b>
<b>TABULKA Č 3: ANTROPOMETRICKÁ CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO SOUBORU</b> .....	<b>46</b>
<b>9 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>47</b>
9.1 Funkční zátěžová diagnostika.....	47
9.2 Metody měření.....	48
9.2.1 Antropometrické měření.....	48
9.2.2 Srdeční frekvence.....	48
9.2.3 Maximální spotřeba kyslíku (VO <sub>2</sub> max).....	48
9.3 Použité přístroje a pomůcky.....	49
<b>10 PROVEDENÉ TESTY</b> .....	<b>50</b>
<b>10.1 Laboratorní měření</b> .....	<b>50</b>
10.1.1 Vzestup SF v závislosti na sklonu a rychlosti.....	50
10.1.2 Maximální spotřeba kyslíku při skialpinistické chůzi.....	50
<b>11 VÝSLEDKY</b> .....	<b>52</b>

<b>11.1 Vzestup SF v závislosti na sklonu a rychlosti.....</b>	<b>52</b>
<b>11.2 Maximální spotřeba kyslíku při skialpinistické chůzi.....</b>	<b>59</b>
<b>12 DISKUSE.....</b>	<b>64</b>
<b>13 ZÁVĚR.....</b>	<b>68</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>70</b>
<b>14 POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>71</b>
<b>15 PŘÍLOHY.....</b>	<b>74</b>

# 1 Úvod

Slunce ještě neukázalo svou tvář a my šlapeme hlubokým sněhem více jak hodinu na nejvyšší vrcholek Tyrolských Alp. Na sobě lehké oblečení, které dobře odvádí pot, větru odolnou bundu a helmu, na hrudi lavinový vyhledávač. V batohu sondu, lavinovou lopatku, lékárničku, alufolii, tatrunku a půl litru pití. Všichni z naší skupiny v poklidu spí na chatě a jenom my dva chceme dobýt vrcholek nedotčené zasněžené hory ještě před dopadem prvních paprsků.

Po další půl hodině jsme konečně na hoře. V tu chvíli zapomeneme na únavu. Náš závod jsme vyhrály a už čeká jenom odměna. Nikde nikdo, jen my dva a spoustu osamělých vrcholků hor.

Sundání pásů, přepnutí vázání na sjezd a přichází nejkrásnější část samotného skialpinismu. Kilometry volného sjezdu v půlmetrovém prašanu. Žádné moderní vymoženosti, žádné vleky a stovky ostatních lyžařů, jenom my a pocit z absolutní jedinečnosti. To je skialpinismus.

Skialpinismus je stále se rozvíjející sport. I díky závodům a neustálé snaze v technickém pokroku, odlehčování a zlepšování vybavení je skialpinismus přístupný více lidem s nižšími výkonnostními proporcemi.

Skialpinismu se věnuji více jak deset let a posledních 7 let jsem aktivní závodník. Stejně možnosti a příjemná atmosféra, jak při závodě, tak po dojezdu do cíle přiláká každý rok více a více příznivců, kteří si chtějí zasportovat a poměřit síly s ostatními kamarády.

Důvodem výběru tohoto tématu je nedostatek publikací v České Republice i v cizích zemích. Možnost zjištění růstu tepové frekvence v závislosti na sklonu a změně rychlosti a vytvoření skialpinistického trenažéru umožní porovnat skialpinismus



s ostatními sporty a přinést nové informace do tohoto odvětví, které byly doposud pouze domněnkami.

## 2 Charakteristika Skialpinismu

Podle Wintera (2002) je skialpinismus, který se nazývá také jako královská disciplína alpinismu, souhrnný pojem pro všechny horolezecké aktivity provozované s lyžemi v zimních horách, používá se pro označení výstupu s lyžemi a následného sjezdu ve volném neupraveném terénu.

Podle Buličky (2004) jsou skialpinisté turisté a horolezci brázdící hory tam, kde chybí lanovky i zázemí středisek. Každý se musí spoléhat na fyzickou kondici, bezchybnou orientaci v terénu s pomocí mapy, buzoly a dnes i GPS, pečlivé plánování túr se zohledněním lavinového nebezpečí a k tomu ještě jedna maličkost – umění zatočit lyžemi přesně tam kam právě chci a to v různých sněhových podmínkách.

Podle Oršulové (2005) je skialpinismus pohyb ve volném horském a vysokohorském prostředí na lyžích velmi podobných lyžím sjezdovým, které díky vázání s možností uvolnění patky a pásům ze syntetických nebo mohérových vláken (dříve tzv. tulení pásy) připevněných na skluznici umožňují stoupání. Pro sjezdy, které se z převážné části uskutečňují ve strmém, neupraveném terénu, často např. ve skalních žlebech, jsou pásy bleskovým stržením odstraněny ze skluznice a vázání přepnuto do pevné polohy obdobně jako u běžných lyží sjezdových. Určité části trasy, zejména strmé ledové stěny, hřebeny či skalní výšvihy, mohou být překonávány i se stoupacími železy a cepínem nebo jinou horolezeckou technikou s lyžemi připevněnými na batohu.

Hlavní sezóna skitouringu probíhá od března do května především z důvodu stabilizované sněhové pokrývky a často stálého slunečného počasí. Přijatelné počasí je totiž alfou a omegou skialpinismu.

### 3 Historie skialpinismu

První zmínky o skialpinismu sahají neoficiálně do doby 2500 př. n. l., kdy si lovci vyrobili první typy lyží pro zjednodušení pohybu po sněhu. Brzy však začali využívat kůži, buď na jedné, nebo na obou lyžích, proti prokluzování a možnosti výstupu do kopců. (Winter, 2002)

Oficiálně možná první průkopník skialpinismu byl horolezec John "Snowshoe" Thompson, který používal lyže k doručení pošty minimálně dvakrát do měsíce přes strmé východní vrcholky v Sierra Nevadě do vzdálených důlních Kalifornských táborů a osad. S těmito dodávkami začal v roce 1855 a pokračovat po dobu nejméně 20 let. Thompson na trase 90 mil (140 km), která trvala 3 dny tam a 48 hodin zpátky, táhl na saních přes 100 kilogramů pošty. (Volken, 2007)

Jedním z prvních evropských průkopníků sportu byl Angličan Cecil Slingsby, který na lyžích v roce 1880 překročil Keiser Pass vysoký 1,550 m v Norsku.

Nicméně, jako "otec" tohoto sportu je obecně považován němec Wilhelm von Arlt (1853–1944), který provedl první lyžařský výstup nad 3000 m, když vylezl na Rauris Sonnblick (3103 m) v roce 1894. (Winter, 2002)

První lyžařský přechod v Alpách se stal nedaleko Davosu, když se bratři Brangerovi spojili se Sirem Arthurem Conanem Doylem na túře od Frauenkirchu do Arosy v roce 1894 a kultovní zimní trasy mezi Chamonix a Zermattem byly definitivně propojeny v roce 1911.

Velkým zlomem v dějinách skialpinismu byl v roce 1888 přechod Fridjofta Nansena na lyžích napříč Grónskem. Asi nejvýznamnějším mezníkem v historii vysokohorského lyžování byl první sjezd z Mt. Blanku, který uskutečnil Hugo Mylius v roce 1904 ještě se třemi horskými vůdci. (Dieška, 1989). Dříve byly lyže používány spíše na výstupy, nicméně postupem času se alpinisté snažili zdolávat stále těžší a těžší sjezdy.

V roce 1912 se uskutečnil první sjezd z Kilimandžára, které překonávali horští vůdci při přechodu ze severu na jih. Do konce druhé světové války byly na lyžích sjety všechny méně náročné vrcholy v Alpách a v roce 1939 B. Gippenreijter sjel jako první Elbrus.

Podle Lienerta (2007) bylo v průběhu šedesátých let sjíždění strmých alpských kuloáru v plném proudu. Jednou z nejvýraznějších osobností byl S. Saudan, který jako první lyžoval ve svazích přes 50° a ukázal směr dalším. V sedmdesátých letech to byl H. Holzer, který si připsal takové prvosjezdy jako Ostruha Brenvy v masivu Mt. Blancu, nebo Alpispitze severní stěnou. Mezi další výrazné osobnosti patřili zejména T. Valeruz, P. Vallencant, nebo později J.M. Boivin. V roce 1970 následoval sjezd západní stěnou Eigeru a v roce 2000 sjel Davo Karnicar Mount Everest až do základního tábora. V roce 2009 na prvního máje sjel český horolezec David Fojtík osmitisícovou horu Dhaulagiri z výšky 8167 m n. m. do o tři a půl kilometru nižšího základního tábora.

### **3.1 První závody**

V roce 1933 se objevuje první snaha porovnat výkonnost skialpinistů a vzniká závod s doposud nejdelší tradicí „Trofeo Mezzalama“, který se koná na počest horského vůdce Otorina Mezzalamy, jež se šestkrát pokoušel o přechod Alp a roku 1931 tragicky zahynul v lavině. Tento závod se s menšími, či většími přestávkami a změnami pravidel koná dodnes. V současné době se závod koná jednou za dva roky stále na stejné trati v Itálii. Tento závod se považuje za svátek skialpinismu a je to určitý typ kompromisu mezi současným závodním skialpinismem a skitouringem. V závodě se dodržují stále stejná pravidla. Tříčlenná družstva musí zdolat společně celou trasu a po většinu závodu jak při výstupech a sjezdech musí být navázaní na společném laně z důvodu bezpečnosti. Každý závodník musí nést povinnou výbavu: cepín, oblečení, lékárnu, baterku, sondu, lavinový vyhledavač, pití, jídlo. Trať je vedena přes ledovec. Závod se stal tradičním místem setkávání skialpinistů a jeho devátý ročník v roce 1975 byl vyhlášen jako první oficiální mistrovství světa ve skialpinismu. Prvními šampióny tohoto mistrovství světa se stali Italové, ČSSR obsadila 8. místo (Duch, 2005).

Patrouille des Glaciers je další z legendárních závodů a je to momentálně nejdelší jednodenní skialpinistický závod na světě. První ročník se konal roku 1943, kde tříčlenná družstva musela urazit 63 km s převýšením více jak 4000 m.

V šedesátých letech se přičiněním významného horolezce Riccarda Cassina oživila soutěž typu rallye. Nejvýznamnější se staly závody o Velkou cenu Evropy, závodníci za tři dny nastoupali a sjeli kolem 12 000 výškových metrů. V každé z etap byl zařazen výstup na jeden vrchol, za který měli závodníci kladné body, pokud jej ovšem závodníci stihli v časovém limitu. (Koberlář, 2003)

Dnešní typ závodů se trochu míjí s myšlenkou a představami Francouze Dr. Raymonda Latarjeta, ten roku 1950 zorganizoval první rallye. Jeho původní myšlenka byla taková, aby skialpinisté poznali nový terén. Závodníci měli poznávat a prozkoumávat nová nedostupná místa bez zabezpečení. Chtěl potlačit nezdravou rivalitu a vyzdvihnout přátelství a spolupráci. (Dieška, 1989)

Roku 1985 se zrodil poslední z trojice nejslavnějších závodů Pierra Menta, který se jde na území Francie v Rhonských Alpách kolem stejnojmenné hory. Na rozdíl od předchozích, se tento závod koná ve dvojicích po dobu čtyř dnů a závodníci musí nastoupat před 10 výškových kilometrů. (Dieška, 1989)

V roce 2002 se konalo první oficiální Mistrovství světa, které se doposud střídá s Mistrovstvím Evropy. (Duch, 2005)

### **3.2 Závody v ČR**

O první závody na našem území se zasloužili členové Horské služby, kteří od roku 1978 měří síly v Krkonoších na mezinárodních závodech. Nejúspěšnějším závodníkem je Jan Fajt, který vynechal od počátku pouze 3 ročníky a doposud závodí. Od roku 1996 se pod záštitou ČHS konal první ročník českého poháru ve skialpinismu. Nejúspěšnější závodník je Pavel Jirsa, který se momentálně stará o chod závodního skialpinismu. (Duch, 2005)

## 4 Formy skialpinismu

### 4.1 Skitouring

Podle Brtníka a Neumana (2003) je skitouring nezávodivou formou skialpinismu spojenou s putováním většinou ve vysokohorských oblastech a často za pomoci horolezeckého vybavení jako jsou stoupací železa, lana, cepíny, feratové sety. Stále častější jsou vícedenní přechody vysokých hor, s pobytem v horských chatách či v bivaku.

Podle Buličky provozují skitouring horští turisté a horolezci, kterým už nestačí chodit po horách jenom v létě.

Nejnámějším skialpinistickým přechodem je takzvaná „Haute Route“, která vede z Chamonix ve Francii do Saas-Fee ve Švýcarsku. Trasu, při níž se musí nastoupat přibližně 8000 výškových metrů, slyžovat přes 10000 výškových metrů a vystoupat na vrcholy přes 4000 metrů nad mořem, zdolávají skialpinisté během 7 dnů. Přechod vyžaduje velmi vysokou kondici, je totiž nutné počítat i s osmihodinovým výstupem a tomu odpovídajícím sjezdem. Oproti letnímu turismu je vše ztíženo o značné lavinové nebezpečí a při zhoršení počasí dochází k problémům s orientací, neboť i při mírném větru se ztrácí stopa. Tím je skitouring výjimečný, navozuje tak pocit průchodu neobjevenou krajinou.

V posledním několikaletém vývoji se skitouring značně odlišil od závodního skialpinismu. Zatímco závodní skialpinismus klade nároky na co nejmenší váhu skialpinistických lyží a bot, na skitouring se používají pohodlné boty a lyže s co nejlepším kompromisem mezi váhou a kvalitou chování při sjezdech ve volném terénu. Při skitouringu je odměnou za náročný výstup sjezd ve volném terénu s kvalitním povrchem.

Skitouring není o zvyšování fyzické kondice, ale o možnosti poznání hor bez moderních prostředků a bez určování pravidel.

## 4.2 Závodní skialpinismus

Jde o fyzicky nesmírně náročný sport. Závodníci prakticky běží do kopce na stoupacích pásech, případně stoupají na mačkách s cepínem, často i s použitím fixních lan a po bleskové výměně pásů sjíždí náročné svahy.

Podle Stuchlíka (2009) závodní skialpinismus většinou přitahuje soutěživé typy s masochistickými sklony. Jeho podstata tkví v jedno i vícedenních výpravách spojených s extrémními sjezdy za co nejkratší dobu. Výhled při výstupu na vrchol v panenské krajině je převážně omezen na konce lyží závodníka před vámi, přičemž vám celý závod obvykle zpříjemňuje akutní nedostatek přísunu kyslíku.

### 4.2.1 Druhy závodů

#### 1. Start-cíl

Jedná se o nejčastější skialpinistický závod. Průměrná délka se pohybuje mezi 2 až 3 hodinami. Je nutno překonat při několika výstupech převýšení okolo 2000 výškových metrů. Závodníci jsou hodnoceni jako jednotlivci nebo dvojice, přičemž je nejlepší ten, kdo celou trať překoná v nejkratším čase. Nezáleží pouze na fyzické zdatnosti, ale i na sjezdařských schopnostech.

#### 2. Really

Pro překonání trasy s délkou kolem 25km je stanoven určitý časový limit. Pro celkové hodnocení je pak rozhodující součet bodů dosažených na určitém měřeném úseku etapy ve stoupání (tzv. časovka) a ve sjezdu mezi bránami (obří slalom), časy se přepočítávají podle koeficientu 1:10 (1min obří slalom=10min časovka). Z důvodů větší atraktivity pro diváky se v poslední době některé závody přesouvají zčásti nebo úplně do lyžařských areálů na sjezdové tratě.

#### 3. Štafety

Štafety se konají pouze na závodech ME a MS. Čtyřčlenná družstva měří síly na krátkém kopci, kolem 200 výškových metrů, s těžkým sjezdem. Štafety jsou nejméně atraktivní závod pro diváky, díky krátkému okruhu a častým soubojům.

#### 4. Vertical race

Jedná se o zimní podobu klasického běhu do vrchu, kdy cíl je například o 1200 výškových metrů výše než start. V tomto typu závodu se dá nejméně taktizovat. Závodníci běží stále do kopce bez možnosti odpočinku. Nejedná se o klasickou zkoušku skialpinismu, ale spíše o fyzickou. Vítězem je fyzicky zdatnější závodník.

#### 5. Alpin Marathon štafet

Těchto typů závodů není mnoho a spadají do kategorie extrémních sportů. Závod, který vede na vrchol alpského kopce, musí zdolat ve třech úsecích tříčlenné družstvo ve složení cyklista- běžec-skialpinista. Každý závodník zdolává svůj úsek. Skialpinistovi náleží poslední část, kolem šesti km dlouhá trať.

#### 6. Long distance

Nejoblíbenější typ závodu v oblasti rekreačních závodníků. Tyto typy závodů se snaží přiblížit ke skitouringu. Časová náročnost je minimálně 4 hodiny.

Nejznámějšími závody jsou:

##### A) Trofeo Mezzalama

4000 výškových metrů je nutné zdolat na délce 45 km. Závod je specifický svým konáním v nadmořské výšce přes 4000 m n/m, ve které se ztráví více jak 60% závodu. Nutností je být stále navázaný na laně, jak při výstupech, tak při sjezdech. Feratové výstupy s lyžemi na batohu nejsou vzácností. Závod se koná na území Itálie jednou za 2 roky.

##### B) Pierra Menta

Koná se ve francouzských Rhonských Alpách. Jedná se o etapový závod, při kterém je nutné překonat ve 4 dnech převýšení okolo 10 km.



### C) Patrouille des Glaciers

Pravděpodobně nejnáročnější závod na světě. Průměrná délka závodu se pohybuje kolem 12 ti hodin, přičemž rekord trati je 5 hodin 52 minut. V tomto vojenském závodě měří síly jak závodníci světového poháru, tak turisté, kteří chtějí posunout své fyzické možnosti. Startuje se ve vlnách od 22. hodiny večerní každou další hodinu do 3. hodiny ranní z důvodu zvládnutí limitu v určitých částech trati. Prvních 8 km závodníci běží s lyžemi na batohu na hranici sněhu. Při pohybu na ledovci musí být rovněž navázání (viz Graf č. 27).

Josef Hepnar a Jan Jirák jsou jediní čeští závodníci, kteří dokončili všechny tři závody.

## **5 Rešerše dosavadních informací**

### **5.1 Závislost energetického výdeje na zatížení kotníků**

Tosi Paolo, Leonardi Alessandro a Schena Federico (Univarsita di Trento, University of Verona, Rovereto) provedli v roce 2005 v Itálii měření, při kterém zkoumali závislost energetické náročnosti při zvyšování závaží v oblasti kotníku. Měření provedlo sedm skialpinistů z National Alpine Rescue Corp, všichni se skialpinismu aktivně věnovali. Průměrný věk byl 33,4 let, tělesná hmotnost 69,4 kg, tělesná výška 175 cm. Měření bylo provedeno ve výšce 1600m n/m na úseku 500m se stoupáním 21%. Vzhledem k jarním podmínkám byl sníh těžší a pohyb byl tudíž náročnější. Váha vybavení od kotníků dolů se pohybovala okolo 7 kg. Rychlost chůze se pohybovala okolo 1,07 m/s. Energetický výdej byl v průměru 10,6 J/kg.m. Podobné měření bylo provedeno po cestě se stejným sklonem, kde energetický výdej dosahoval hodnot 8,1 J/kg.m a v horském terénu, kde měl energetický výdej hodnotu 9,25 J/kg.m. Obě měření byla prováděna s materiálem podobné váhy.

Z výsledku měření vyplynulo, že pohyb na sněhu je o 25% náročnější v závislosti na zatížení kotníků, než chůze do kopce. (Tiso, 2005)

### **5.2 Efekt trekových holí na výdeji energie a svalové činnosti při chůzi do kopce**

V roce 2008 na American College of Sports Medicine provedli Foissac, Matthieu J., Berthollet, Romain, SEUX, Julien, Belli, Alain, Proso, Guillaume Y. měření pro objasnění účinnosti trekových holí při výstupu do kopce a zkoumali zapojení nových svalových skupin.

Měření provedlo jedenáct osob v laboratorních podmínkách na běhacím páse se sklonem 20°. Každá osoba provedla měření bez holí a s holemi. Posuzovali se svaly v dolní části těla (soleus, gastrocnemius lateralis, vastus lateralis, biceps femoris, gluteus maximus) a horní části (latissimus dorsi, biceps brachii, triceps brachii a anterior deltoid).

Pomocí hol se snížilo zatížení dolních končetin až o 15% a zvýšilo se zatížení horních končetin až o 95%. Avšak použití holí nevedlo ke zvýšení  $VO_2$ . U biceps brachii byl zaznamenán největší nárůst zatížení a to o 55%. (American College of Sports Medicine, 2008)

### **5.3 Energetický výdej a zdatnost při skialpinismu (laboratorní měření)**

Tosi Paolo, Leonardi Alessandro a Schena Federico (Univarsita di Trento, University of Verona, Rovereto) provedli v Itálii v roce 2009 nové měření, ve kterém zjišťovali konkrétně energetický výdej a zdatnost při skialpinismu.

Bylo měřeno deset mužů, profesionálních lyžařů. Měření bylo provedeno na běžecím ergometru (šlapacím mlýně) se sklonem 21%. Pro tento účel byly připraveny kolečkové lyže se skialpinistickým vázáním a skialpinistické boty. Sledovanými faktory byly v první řadě spotřeba kyslíku a srdeční frekvence.

Před testem se každý měřený rozcházel po dobu 10 minut a následně 5 minut odpočíval vsedě. Samotné testování probíhalo od 1,4 do 6,2 km/h. Na konci každé minuty se rychlost zvýšilo o 0,4 km/h, tedy měření mělo 8-10 různých rychlostí. Nejnižší naměřené hodnoty energetického výdeje odpovídaly 10,6 J/kg.m a to v rozmezí rychlostí 2,7-3,7 km/h. Bylo zjištěno, že se tak děje v závislosti na délce kroku, jelikož jsou při nižší rychlosti prováděny kratší kroky z důvodu lepší koordinace těla a naopak při vyšší rychlosti narůstá spotřeba energie standardně. Skupina měřených byla rozdělena do dvou skupin podle výšky postavy (6 vyššího a 4 menšího vzrůstu). Na základě měření bylo zjištěno, že při těchto rychlostech a sklonu mají vyšší muži menší energetický výdej nežli muži menšího vzrůstu.

Výsledkem měření bylo zjištění, že pro skialpinisty je pravděpodobně nejlepší stoupat rychlostí přibližně 4 km/h. při konstantním sklonu svahu by mělo docházet k nejnižšímu energetickému výdeji. (Tiso, 2009)

Tyto poznatky chceme využít pro odlišné metody spotřeby energie a zpřesnění informací týkajících se skialpinismu.

## 6 Teoretická východiska

### 6.1 Charakteristika výkonu

Při skialpinistickém výkonu se obecně jedná o lokomoční pohyb vytrvalostně silového charakteru. Stejně jako u klasické techniky v běžeckém lyžování i zde záleží na souhře nohou a paží. A jelikož se běžecké lyžování řadí k energeticky nejnáročnějším sportům, tak i skialpinismus se řadí na přední místa. Sport klade velké nároky na nervosvalovou koordinaci a funkční kapacitu organismu. I při vrcholovém pojetí skialpinismus se jedná spíše o rychlou chůzi nežli běh, závodníci vydrží běžet do kopce několik minut a dřív nebo později musí přejít v rámci taktiky a výkonnosti do chůze. A samozřejmě stejně tomu je i u rekreačního skialpinismus. Obecně správný skialpinistický pohyb se provádí pravidelnými odrazy nohou, které připomínají klasickou chůzi a zajišťují klouzání lyží po sněhu a asynchronní pohyby paží, které se opírají o skialpinistické hole a napomáhají pohybu. (Winter, 2002)

#### 6.1.1 Anatomické hledisko

Při skialpinismu jsou zapojovány především svalové skupiny horních (pohyb na lyžích) a dolních končetin (odrážení z hůlek). Ale nesmí se zapomínat na svalstvo trupu (zádové, břišní a hrudní svaly), které má velký vliv na zpevnění těla a pracuje izometricky. Dolní končetiny jsou nejdůležitější pro celkovou formu pohybu, ale úlohu horních končetin nelze zanedbávat, ba naopak při správném využití velice šetří energii a odlehčují dolním končetinám. Práce paží je pro pohyb skialpinisty neodmyslitelná, stejně jako práce paží při běžeckém lyžování na rozdíl od jiných sportů, kde je práce paží zanedbatelná, např. cyklistika. Při stoupaní do kopce je tedy do pohybu zapojeno mnoho svalů a svalových skupin celého trupu a končetin. (Canals, J., Hermandéz, M., Soulié, J., 2004)

##### 6.1.1.1 *Svalstvo horních končetin*

Existuje několik možností pohybu paží. Střídaté přesouvání holí zepředu dozadu, asynchronně k pohybu dolních končetin. Stále častěji se používá soupažný odpich

holemi nebo soupažný odpich se zalomením, kdy dochází k odlehčení zádoových a dýchacích svalů a tedy lepšímu dýchání. Při stoupání do prudkého svahu se pohyby provádějí v menším rozsahu než při pohybu na rovině *Hlavní svalové skupiny zapojené do pohybu:*

M. Pectoralis Major (velký sval prsní)-hlavně spodní vlákna, nejvíce zapojena při stoupání prudším svahem, kdy skialpinsita zvedá více ruce

M. Deltoideus (trojhlavý sval ramenní)-přední část svalu zajišťuje předpažení, zadní část zapažení

M. Latissimus Dorsi (velký sval zádoový) a M. Rectes Major (velký oblý sval)-zapažení

M. Triceps Brachii (trojhlavý sval pažní)-extenze předloktí

(Grim, 2001).

### **6.1.1.2 Svalstvo dolních končetin**

Opakované posouvání a střídání dolních končetin dopředu. Při správném provedení se nezvedá lyže ze sněhu při posunu vpřed. Nedochází k velkému přetížení kotníku jako u běhu do vrchu.

*Hlavní svalové skupiny zapojené do pohybu:*

M. Gluteus Maximus (velký sval sedací)-extenze stehna

M. Biceps Femoris (zadní svaly stehenní)-flexe v kolenním kloubu a extenze v kyčelním kloubu

M. Quadriceps Femoris (čtyřhlavý sval stehenní)-extenze v kolenním kloubu, flexe v kloubu kyčelním

M. Triceps Surae (trojhlavý sval lýtkový)-plantární flexe nohy a flexe kolene (Grim, 2001).

Vyjmenováním nejdůležitější svalů a svalových skupin by se ale nemělo zapomínat na celkovou svalovou vyváženost celého těla. Tyto a další svaly jsou rozhodující k zvládnutí správného pohybu a techniky při chůzi na lyžích. Důležité jsou svaly trupu, břišních a bederních svalů, které se podílejí na správném držení těla. Jako při jiných sportech je i při skialpinismu důležité posilování ostatního svalstva, aby nedocházelo ke svalové disbalanci.

### **6.1.2 Fyziologické hledisko**

Skialpinismus je charakterizovaný opakovaným cyklickým pohybem. Skialpinismus představuje vytrvalostní zátěž s velkým výdejem energie, při níž se zapojují velké skupiny svalů. Náročnost a výdej energie je závislá na výkonu a času, zvládnutí techniky, fyzické připravenosti jedince. Po stránce fyziologické je pro skialpinistický výkon rozhodující aerobní kapacita, to znamená schopnost organismu pracovat úsporně po co nejdelší dobu. Svalová síla je pro skialpinisty rovněž nezanedbatelná. Anaerobní kapacita nemá pro skialpinistu takový význam, není však úplně neopodstatněná, anaerobní krytí nastává například při rychlých stratech, „časovkách“ nebo předcházení jiného závodníka na trati. (Jindra, 2009)

V závodním skialpinismu se nejvíce uplatňuje kombinace vysoké hodnoty  $VO_2\max$  a nízké tělesné hmotnosti.

Podle Faulhabera (2007) je skialpinismus charakterizován dvěma různými fyzickými reakcemi. Během výstupu je třeba práce hlavního koncentrického svalu, což způsobuje submaximální odezvu srdce, dýchacího systému a metabolismu. Naopak během sjíždění svahu je charakteristické excentrickými pracovními zátěžemi.

### **6.1.3 Pohybové schopnosti**

Pohybové schopnosti rozdělujeme na silové, rychlostní, vytrvalostní, koordinační a pohyblivost (Grashruberg 2008).

Při skialpinismu je nejdůležitější rozvoj střednědobé, dlouhodobé vytrvalosti a síly vytrvalostního charakteru. V širších souvislostech je u těchto schopností předpokladem zvýšený podíl pomalých (SO) svalových vláken, dále úroveň energetických rezerv ve svalu a jejich aktivace. Z funkčního hlediska mají určující význam dvě charakteristiky O<sub>2</sub> systému, který se zde dominantně uplatňuje: vysoký aerobní výkon a aerobní kapacita.

Silová vytrvalost je charakteristická déletrvající svalovou činností. Odpor není až příliš vysoký. Jedná se především o sílu koncentrickou a excentrickou. Stejně jako u ostatních silových schopností hraje úroveň i trénink síly absolutní, její význam vzrůstá s rostoucí velikostí překonávaného odporu (Dovalil 2005).

Ostatní složky pohybových schopností nemají na výkon ve skialpinismu takový podíl.

## **6.2 Energetické krytí pohybové činnosti**

### **6.2.1 Svaly**

Sval (musculus), často také svalovina, je orgán, jehož funkcí je umožnění aktivního pohybu živočicha nebo jeho části. Sval je složen ze svalové tkáně, která má schopnost stažení (kontrakce), ke kterému dochází v reakci na nervový podnět a různého množství vaziva. Základní vlastností svalové tkáně je schopnost se stahovat (kontrahovat), což je umožněno vláknitými strukturami uloženými v cytoplazmě všech svalových buněk, myofibrilami. Ty jsou složeny z uspořádaných molekul aktinu a myozinu. Za zvýšené koncentrace vápenatých iontů a přítomnosti ATP dochází k zasouvání tenkých aktinových vláken mezi myozinová vlákna, myofibrila se zkrátí a dojde ke kontrakci. Stah svalu je podkladem pro veškerý svalový pohyb. (Elišková, 2006)



Svalový stah je důsledkem řetězce chemických reakcí, k jejichž proběhnutí je potřeba splnění několika podmínek, v první řadě podráždění svalu a dostatečná zásoba energie ve svalu. (Elišková, 2006)

Sval se liší řadou mikroskopických, histochemických a fyziologických vlastností. (Elišková, 2006)

Podle Dylevského et al. (2000) rozdělujeme svalová vlákna podle uvedených kritérií do čtyř skupin:

1. pomalá červená vlákna (typ I, SO, slow oxidative)
2. rychlá červená vlákna (typ II A, FOG, fast oxidative and glycolytic)
3. rychlá bílá vlákna (typ II B, FG, fast glycolytic)
4. přechodná vlákna (typ III, intermediální, nediferencovaná vlákna)

1) *Pomalá červená vlákna (SO)*

Velké množství myoglobinu jím dodává červenou barvu a jsou typické velkým množstvím kapilár. Enzymaticky se červená vlákna vyznačují pomalejší kontrakcí a jsou vhodná především pro dlouhodobou vytrvalostní činnost. Jsou ekonomičtější a vhodnější pro stavbu svalů zajišťujících spíše pomalý pohyb.

2) *Rychlá červená vlákna (FOG)*

Vyznačují se větším příčným průřezem. Mají více myofibril a méně mitochondrií. Enzymaticky jsou využívána k rychlým kontrakcím prováděným velkou silou a při rychlých změnách pohybu, ale po krátkou dobu. Jsou méně ekonomická a aktivovaná při rychlých pohybech prováděných velkou silou.

### 3) Rychlá bílá vlákna (FG)

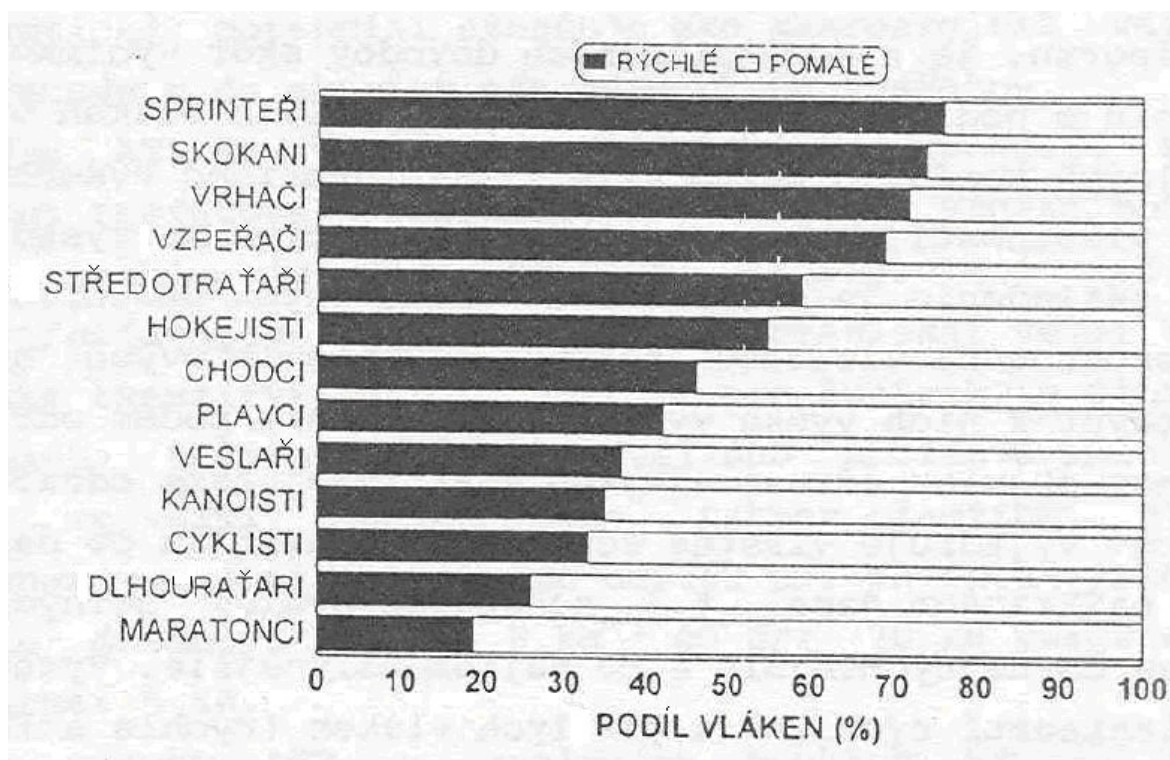
Svaly s velkým objemem, na druhou stranu obsahují málo kapilár, nízký obsah myoglobinu a nízký obsah oxidativních enzymů. Jsou vhodné především k rychlému stahu prováděného maximální silou. Vlákna se rychle unaví.

### 4) Přechodná vlákna

Představují vývojově nediferencovanou populaci vláken, která jsou zřejmě potenciálním zdrojem předchozích tří typů vláken.

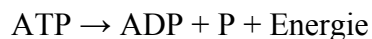
Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu má zásadní význam z hlediska svalové výkonnosti, rychlosti prováděného pohybu a ekonomii svalové práce. Rozdílné typy svalových vláken jsou využívány při různé intenzitě a objemu svalové činnosti. (Placheta et al., 2001)

Pro skialpinismus jsou nejvhodnější pomalá červená svalová vlákna, jelikož jak skialpinistické túry, tak závody jsou vytrvalostního charakteru. (Placheta et al., 2001)



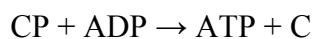
## 6.2.2 Spotřeba a uvolnění energie při sportu

Podle Drábkové (2001) je veškerý pohyb spojen s výdejem energie. Tento děj nazýváme energetická spotřeba. Bazální metabolický výdej je množství energie vydané v klidovém stavu v teplotně neutrálním prostředí na lačno (to znamená ve stavu, kdy zažívací soustava nepracuje, což znamená u lidí 12 hodin půstu). Výdej energie v tomto stavu je dán pouze prací životně důležitých orgánů, jako srdce, plíce, mozek a zbytek nervového systému, jater, ledvin, pohlavních orgánů, svalů a kůže. Představuje 100% intenzity metabolismu. Tělu musíme dodávat energii a to ve formě potravy. Při fyzické zdatnosti je potřeba dodávat více energie, například v podobě cukrů či jiných energetických potravin. K veškerým metabolickým reakcím lidského těla je zapotřebí energeticky bohatých molekul nazývaných ATP (adenosintrifosfát). Ten umožňuje svalový pohyb. Při štěpení ATP dochází k uvolnění energie:

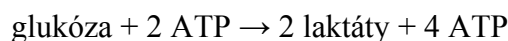


Při této reakci však vzniká energie umožňující kontrakci svalových vláken pouze do 15 sekund. Na realizaci déletrvajícího pohybu organismus mobilizuje vysoko energetické molekuly (glycidy, lipidy, proteiny).

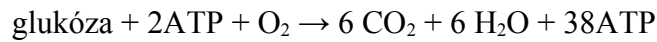
ATP se resyntezuje v období relaxace především štěpením CP a makroergních fosfátů. Reakce probíhá na základě:



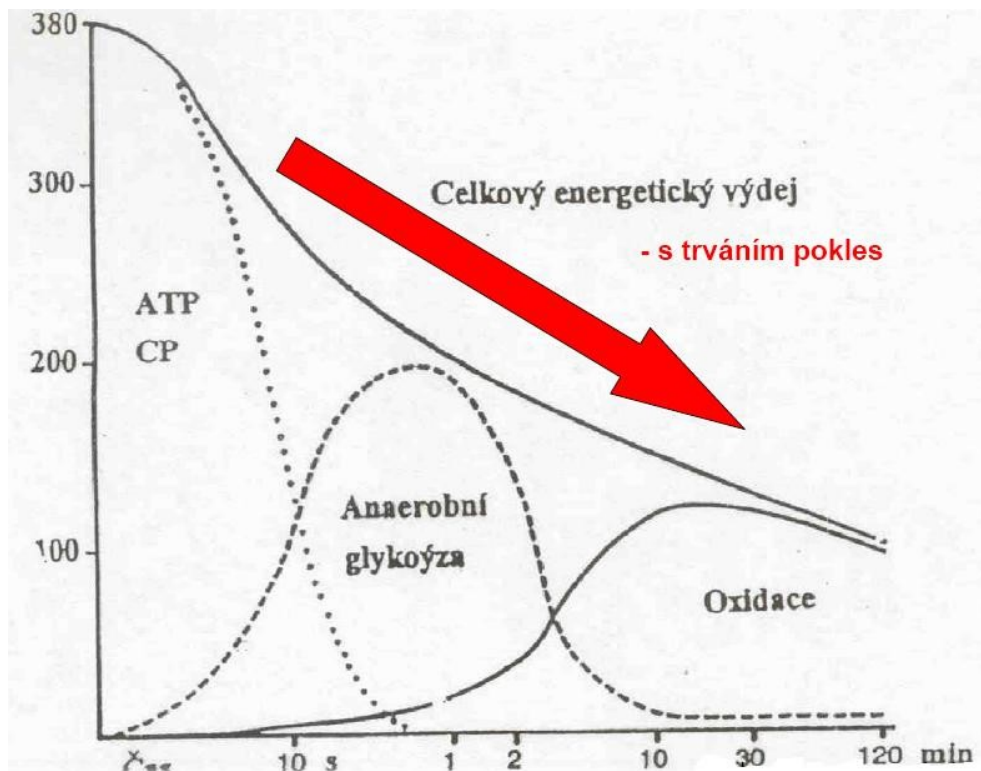
Resyntéza ATP je důležitá vždy při uvolnění svalu a spotřeby původní ATP. Zejména u výkonů maximálně a vysoce submaximálně intenzivních. K tomuto procesu také není zapotřebí kyslíku. Druhou reakcí poskytující, poskytující ATP bez kyslíku, tedy anaerobně, je štěpení sacharidů. Reakci lze znázornit následujícím způsobem:



Více ekonomický mechanismus důležitý pro resyntézu ATP je chemické proces uvolňující energii oxidativně. Především je to aerobní glykolyza a aerobní štěpení tuků (popř. bílkovin). A to je velmi významný zdroj energie. Výkon při něm bývá mírný až středně submaximální. Schematicky lze tuto reakci shrnout takto:



Vzhledem k počtu potřebných molekul kyslíku pro uvolnění ATP je efektivnější štěpení sacharidů, nežli štěpení tuků. Proto při převaze štěpení tuků (např. u dlouhých skialpinistických závodů) klesá výkon a na občerstvovacích stanicích závodníci požívají snadno vstřebatelné sacharidy (Trefný, 1993).



Graf č. 2: Energetický výdej v závislosti na čase a intenzitě (Havlíčková et al., 1991)

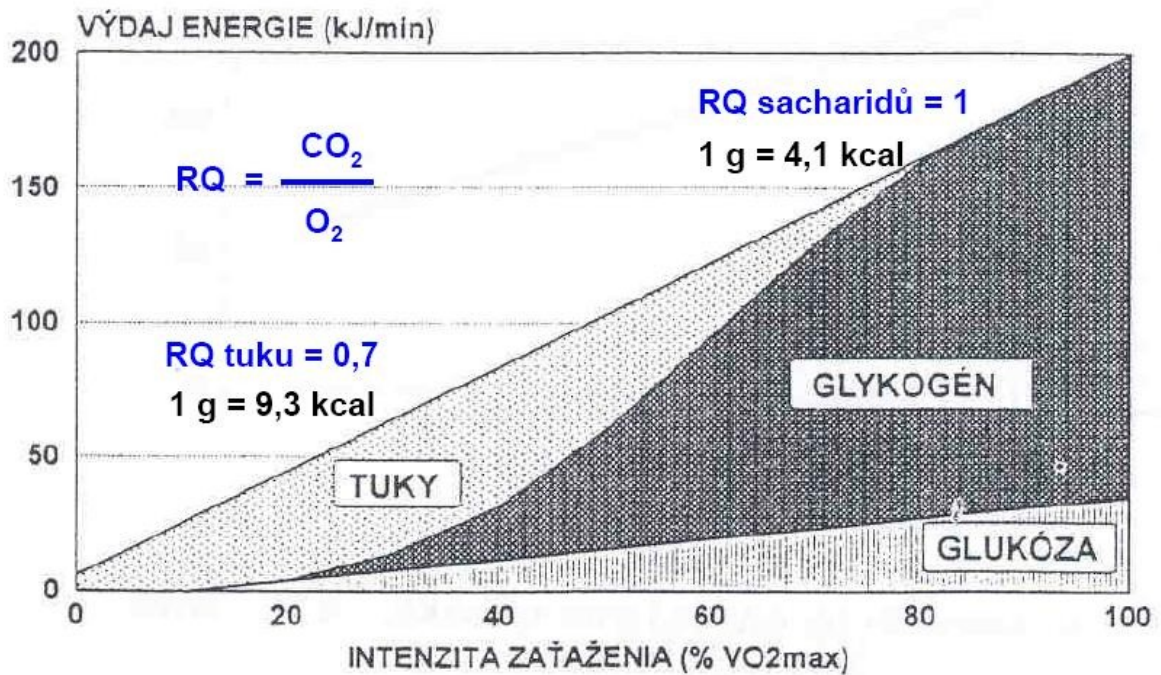
### 6.2.3 Způsob hrazení energie

Podle Hamara a Lipkové (2001) hrazení energie rozdělujeme do čtyř zón:

1. alaktátový neoxidativní anaerobní způsob hrazení energie (anaerobní laktátová zóna)
2. laktátový neoxidativní systém hrazení energie (anaerobní laktátová zóna)
3. oxidativní způsob hrazení energie (aerobní zóna)
4. smíšené hrazení energie (aerobně-anaerobní zóna)

Všeobecně nespécializovaný trénink zlepšuje celkový stav organizmu, zvyšuje kapacitu a objem srdce a plic. Také kapacitu uskladnění a mobilizace energetických rezerv, ale i celkovou produkci energie jednotlivce. Specifickou formou skialpinistického tréninku se zajistí zapojení veškerých svalových skupin, které se podílejí na daném pohybu a dosahuje se tak nejvyšší úrovně trénovanosti.

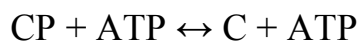
RQ-respirační kvocien = poměr mezi vydýchaným oxidem uhličitým a spotřebovaným kyslíkem



### 6.2.3.1 Anaerobní alaktátová zóna

Anaerobní (neoxidativní) alaktátová zóna metabolického energetického krytí – označována jako zóna ATP-CP (adenosin trifosfát - kreatinfosfát) (Havličková, 2008).

Podle Havličkové (2008) je kapacita této zóny závislá na pohotové zásobě ATP a CP uložených přímo ve svalech. Zabezpečují vysokou intenzitu svalového stahu, ale také rychle podléhají únavě. Uvolňování potřebné energie probíhá v podmínkách kyslíkového deficitu při pohybové činnosti nejvyšší intenzity s trváním do 10-25 s a bez vzestupu hladiny kyseliny mléčné. Zpětné doplnění zásoby ATP-CP se předpokládá za 2–3 min a může se uskutečňovat v anaerobní laktátové zóně nebo v aerobní metabolické zóně. Průběh reakce vypadá následovně:



### 6.2.3.2 Anaerobní laktátová zóna

Podle Drábkové (2001) anaerobní (neoxidativní) laktátová zóna metabolického energetického krytí se nazývá podle do krve vyplavované kyseliny mléčné a jejích soli (laktátu) označována jako LA zóna.

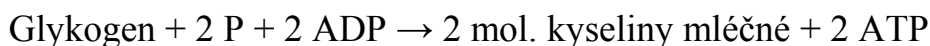
Pro tuto zónu je charakteristická pohybová činnost submaximální intenzity s trváním do 45 – 90 s, případně delší činnost s nedostatečnou dodávkou kyslíku. Anaerobní laktátová zóna se uplatňuje již po 4–3s zatížení maximální intenzity a pokračuje-li toto zatížení nepřetržitě subjektivně maximální, ale objektivně submaximální intenzitou.

Takovýto způsob získávání energie je velice nevýhodný. Celková energetická kapacita je asi 120–420 kJ, energetický zisk je malý a z hlediska intenzity pohybové činnosti je nevýhodné, že rychlost uplatnění ATP získaného anaerobní glykolýzou svalového glykogenu v laktátové zóně je 2x pomalejší než v zóně alaktátové.

Důsledkem této menší rychlosti uplatnění ATP a dále hromadění kyseliny mléčné ve svalech a jejího následného vyplavování do krve je pokles intenzity pohybové činnosti.

Celková kapacita využití laktátové zóny metabolického krytí je omezena subjektivními schopnostmi tolerovat nepříjemné důsledky zátěžové metabolické acidózy. Podkladem činnosti jsou rychlá oxidativně glykolytická vlákna získávající energii glykolýzou. Za ukazatel anaerobní laktátové kapacity organismu se považuje hladina LA v krvi. Stoupne-li hladina LA v krvi (acidóza) nad úroveň anaerobního prahu, sníží se jednak využívání potřebných látek zabezpečujících hospodárné energetické krytí pohybové činnosti, jednak stoupající acidóza nepříznivě působí na CNS. V pohybové činnosti se tento stav projevuje narušením koordinace a schopnosti optimálně reagovat na konkrétní situaci, prodloužením doby reakce, tuhnutím svalů, růstem chyb, apod (Canals, Hermandéz, Soulié, 2004).

Průběh reakce vypadá následovně:



### **6.2.3.3 Aerobní zóna**

Podle Wilmora (1993) je tento systém využíván v dlouhodobě trvajících zatíženích s nižší intenzitou, např. delší běžecké tratě, klasické lyžování, cyklistika a také pro skialpinismus.

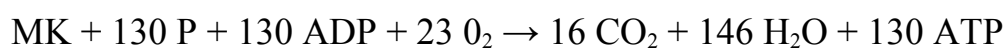
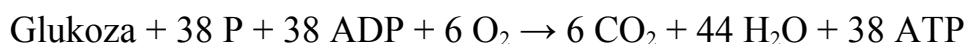
Aerobní (oxidativní) zóna metabolického energetického krytí je podle způsobu energetického krytí označována jako zóna kyslíková. Při pohybové činnosti střední či mírné intenzity s délkou činnosti nad 90 s a více můžeme hovořit o aerobním způsobu získávání energie. Ke zvýšení hladiny kyseliny mléčné v krvi nedochází jen v případě jednoznačně aerobního hrazení energie. Účinnost aerobního krytí energie je 13-19x větší než u anaerobního laktátového, ale asi 2x pomalejší. Přibližně 4x pomalejší je rychlost získávání energie než anaerobním laktátovým způsobem. Současně však tento bioenergetický systém přeměnou cukrů a tuků v potřebné makroergní fosfáty umožňuje dlouhodobě udržet pohybovou činnost na určité optimální úrovni. Výrazem této

nejvyšší možné dynamické rovnováhy je pohybové zatížení na úrovni anaerobního prahu, ale tento stav dynamické rovnováhy mezi potřebami a možnostmi v transportu kyslíku se může ustálit na různých úrovních.

Podkladem pohybové činnosti jsou převážně pomalá oxidativní svalová vlákna kosterní. Jsou dobře vybavena pro dlouhotrvající činnost, vyznačují se velkou odolností vůči únavě a mírnou intenzitou stahu.

Oxidativní způsob energetického krytí má rozhodující význam pro rychlé doplnění zásob ATP-CP na maximální výchozí úroveň nezbytnou pro intervalovou činnost objektivně maximální intenzity. Vyčerpání svalového glykogenu předpokládá až 48 hodin, ale někdy až 72 hodin trvající období regenerace. Ukazatelem aerobních schopností organismu je především  $VO_2 \text{ max}$  (Canals, Hermandéz, Soulié, 2004).

Průběh reakce vypadá následovně:



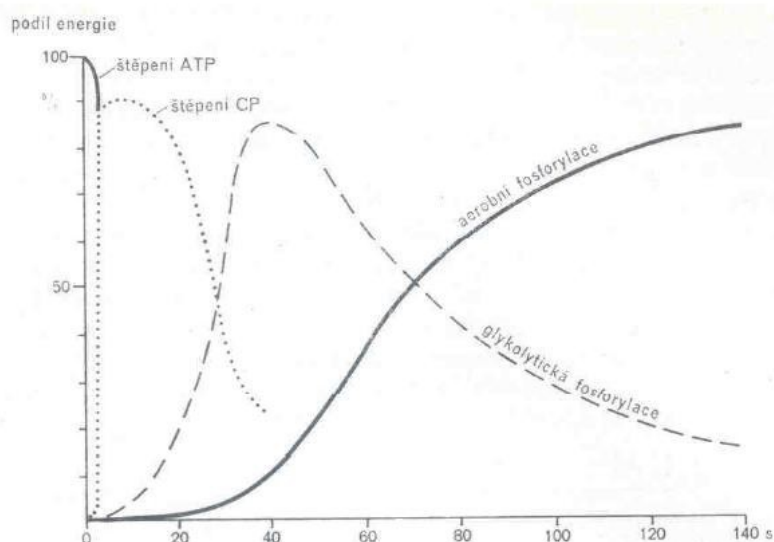
Doba činnosti	ATP-CP	LA	O <sub>2</sub>
5 s	85	10	5
10 s	50	35	15
30 s	15	65	20
1 min.	8	62	30
2 min.	4	46	50
4 min.	2	28	70
10 min.	1	9	90
30 min.	1	5	95
1 hod.	1	2	98
2 hod.	1	1	99

Tabulka č. 1: Podíl energetických systémů na činnosti různé doby trvání a relativně maximální intenzity (podle uvedené intenzity co možná nejvyšší) (Mc. Dougal a kol., 1982)



### 6.2.3.4 Aerobně-anaerobní zóna

Aerobně-anaerobní zóna je předěl mezi oxidativním krytím při pohybové činnosti a smíšeným krytím aerobně-anaerobním, které se nazývá anaerobní práh. V ní prudce narůstá podíl neoxidativní úhrady energetických potřeb. Při dosažení anaerobního prahu dosahujeme kritické hodnoty oxidativního krytí, v ní jsme schopni pracovat oxidativně 6-10 minut, potom organismus přechází do anaerobního způsobu krytí energie. Hodnota anaerobního prahu vyjadřuje okamžik nelineárního nárůstu kumulování kyseliny mléčné v krvi v závislosti na intenzitě zatížení je individuálně charakteristická a představuje podle Havlíčkové (2003) hodnotu kyseliny mléčné přibližně kolem 4 mmol.l<sup>-1</sup> v krvi. U vytrvalců se vyskytuje práh v oblasti koncentrace LA 2–3 mmol.l<sup>-1</sup>, podobně u starších a oslabených osob.



čas	10s	30s	60s	2m	4m	10m	30m	60m	120m
ANA %	90	80	70	50	35	15	5	2	1
AE %	10	20	30	50	65	85	95	98	99

Graf č. 4: podíl energetického krytí v závislosti na trvání zátěže (Placheta et al., 2001)

## 6.3 Ukazatele zatížení

### 6.3.1 Srdeční frekvence

Srdeční frekvence (SF) je jedním z nejspolehlivějších parametrů určujících intenzitu zátěže. Vytrvalostní trénovanost se také významně projevuje adaptací oběhového systému nejen při zátěži ale i v klidových podmínkách.

Podle Kohlíkové (2007) je srdeční frekvence srdce měřená přímo na něm nebo pomocí přístrojů (EKG či Sport-tester).

Srdeční frekvence je řízená nervově a humorálně. Nervová regulace je zabezpečena sympatikem a parasympatikem. Parasympatikus snižuje a sympatikus zvyšuje tepovou frekvenci (Bartůňková, 2008).

Zájem využití srdeční frekvence pro potřeby řízení, kontroly a zjišťování efektů pohybového zatěžování na různých výkonnostních úrovních v posledních letech prudce stoupá. Vzhledem ke spolehlivosti a jednoduchosti měření je nejčastěji používanou kontrolou tréninkového efektu a zatížení (Bunc, 2001).

### 6.3.2 Tepová frekvence

Podle Kohlíkové (2007) jde o výsledek aktivity srdce, kdy se pohmatem (palpačně) na tepně zápěstí, vřetenní či spánkové stanovuje počet tepových vln jako projevu srdeční činnosti. Změny tepu se často hodnotí pohmatem *krkavic* (v karotickém sinu jsou uloženy baroreceptory citlivé na změnu tlaku - jejich podrážděním stlačením krkavice nastává reflexně zpomalení frekvence v průměru o 5-6 tepů za minutu, u citlivých jedinců až o 10 tepů za minutu).

Hodnota tepové frekvence závisí na:

- věku (u dospělého 70 tepů za minutu v klidu)
- aktivitě sympatoadrenálního systému (zvyšuje TF nad 80 tepů za minutu) a parasympatiku (snižuje TF pod 60 tepů za minutu)

Takto se projevují fyzická a psychická zátěž, změna teploty okolí nebo i vlastního těla (horečka), vysoká nadmořská výška (hypoxie), nedostatek spánku, únava, která může nastat přetrénováním nebo přepětím organismu, ale také i příjem kofeinu, alkoholu či podpůrných látek (Kohlíková, 2007).

Pro měření tepové frekvence jsou nejrozšířenější a nejdostupnější pomocníci snímače srdeční činnosti tzv. sporttestry.

Pro trénovanou osobu je charakteristická při zatížení nižší srdeční frekvence. U vytrvalostních sportovců se srdce zvětšuje a nabývá na hmotnosti. V závislosti na tom dopraví do krevního oběhu větší množství krve, a proto se při zatížení nemusí jeho frekvence tolik zvýšit. Záleží však především na úrovni trénovanosti a na převaze tonu parasympatiku nebo sympatiku.

Hodnota maximální tepové frekvence odpovídá maximální intenzitě, kterou je organismus jedince schopen při zátěži dosáhnout a krátkodobě i udržet. Je to hodnota individuální a více než tréninkem je ovlivněna věkem. Její hodnota je různá i ve vztahu ke způsobu zatížení. Jiná hodnota může být při funkčním vyšetření na běhátku (zpravidla vyšší) a cyklistickém ergometru. Při maximální a submaximální intenzitě se zvyšuje tepová frekvence na hodnoty mezi 180 až 205 tepy za minutu. Tuto hodnotu obvykle určíme při maximálních zátěžových testech na bicyklovém nebo pásovém ergometru. Nejjednodušeji, ale s velmi malou přesností se vypočítá 220 minus věk (Kohlíková, 2007).

### **6.3.3 Vlivy působící na srdeční frekvenci**

#### **6.3.3.1 Nervové vlivy**

Podle Drábkové (2001) patří mezi nervové vlivy sympatická nervová vlákna, která zrychlují srdeční činnost. Takovéto ovlivnění je typické pro tělesnou námahu a rozčílení. Naproti tomu parasympatická nervová vlákna zpomalují srdeční činnost. Působí na srdeční sval stále v součinnosti se sympatickými vlákny. Podle převahy sympatiku nebo parasympatiku se pohybuje i individuální tepová frekvence. U trénovaných sportovců je více viditelná převaha parasympatické aktivity a díky ní jejich průměrná frekvence bývá nižší (50 – 60 tepů za minutu).

#### **6.3.3.2 Vlivy z vnitřního prostředí**

Přímo na srdeční sval nebo na srdeční centrum působí různé látkové vlivy v prodloužené míše (místně nebo reflexně přes receptory). Hormon dřeně nadledvin adrenalin zrychluje srdeční činnost podobně jako dráždění sympatiku, acetylcholin působí jako dráždění parasympatiku. Hormon štítné žlázy zrychluje a zesiluje srdeční činnost (Seliger, 1983).

#### **6.3.3.3 Fyzikální vlivy**

Tyto vlivy jsou další z hlavních faktorů ovlivňujících srdeční frekvenci. Tepllo působí vazodilataci, chlad vyvolává vazokonstrikci. Termoreceptory podávají informaci o změně teploty. Lidská kůže obsahuje více chladových než tepelných receptorů. Předměty shodné s teplotou kůže nejsou pocíťovány ani jako teplé ani jako studené (fyziologická nulová hodnota). Pokud se přiloží předmět o teplotě odlišné od teploty kůže, bude kůži buď oteplovat, nebo bude z kůže teplotu získávat. Tato změna je právě příčinou aktivace termoreceptorů. Chladové receptory přitom reagují na teplotu v rozmezí 25 – 35 °C, tepelné receptory na rozsah 38 – 48 °C (Myslivoček, 2001).

Podle Selingera (1983) se při zvýšení tělesné teploty o 1 °C zvýší tepová frekvenci o 8 tepů za minutu.

### 6.3.4 Spotřeba kyslíku

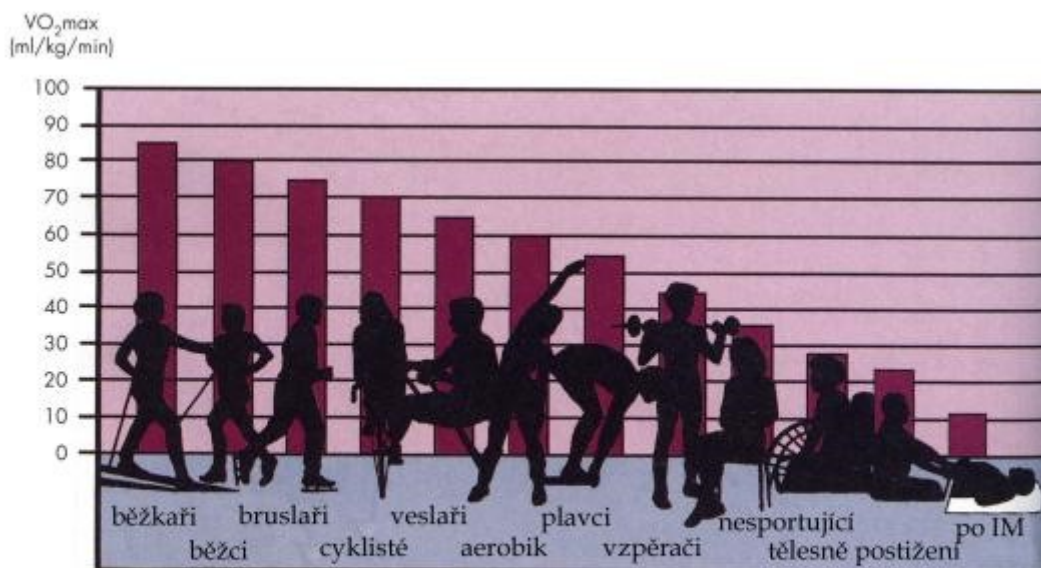
Spotřeba kyslíku je měření kyslíku spotřebované v těle za minutu, vyjádřeno v litrech za minutu (l/min), relativní tělesná hmota (ml/kg/min) nebo relativní spotřeba k maximální spotřebě kyslíku (%VO<sub>2</sub>max). Spotřeba kyslíku podává to nejpřesnější měření absolutní (l/min, ml/kg/min) nebo relativní (%VO<sub>2</sub>) cvičební intenzity. Spotřeba kyslíku může být aplikovaná k odhadu cvičební intenzity a objemu výkonnosti. Maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub>max) je to nejvyšší VO<sub>2</sub>, které člověk může dosáhnout. Lidi, kteří jsou fyzicky více výkonní mají vyšší VO<sub>2</sub>max (Bunc, 1989).

Děje, při kterých se uvolňuje potřebná energie, jsou buď přímo závislé na dodávce kyslíku (aerobní děje – oxidační fosforylace), nebo naopak nejsou závislé na dostatečném množství kyslíku (anaerobní děje – glykolytická fosforylace), a nebo také na účet kyslíkového dluhu, který musí být potom v zotavení vyrovnán. Z tohoto důvodu má sledování dynamiky spotřeby kyslíku při zatížení a zotavení základní a rozhodující význam. Uvědomíme-li si, že většina fyzických zatížení je absolvována v pásmu submaximálních intenzit zatížení, kde platí lineární vztah mezi rychlostí pohybu a spotřebou kyslíku, se ukazuje tato svalová veličina jako jedna ze základních, které můžeme použít při hodnocení trénovanosti organismu (Bunc, 1989).

#### 6.3.4.1 VO<sub>2</sub>max (maximální spotřeba kyslíku)

Vytrvalostní trénink vede ke zvýšení vrcholového příjmu kyslíku. Zvýšení o 15 % až 20 % je typické pro průměrné nespportující jedince po šestiměsíčním tréninku třikrát týdně 30 minut denně. U výborně trénovaných vytrvalců hodnoty vrcholového příjmu kyslíku přesahují 80 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (Wilmore, 2004).

Diference v příjmu kyslíku jsou podmíněny nejen charakterem, intenzitou a délkou trvání tělesné aktivity, ale i funkcemi jednotlivých komponentů transportního systému a v neposlední řadě typem svalových vláken, jejich vzájemným poměrem a oxidativní kapacitou, které jsou do značné míry podmíněny geneticky. Celková aerobní kapacita vyjádřená maximální spotřebou kyslíku (VO<sub>2</sub>max) by měla být důležitým kritériem při výběru talentovaných jedinců do sportu dlouhodobě vytrvalostního charakteru (Wilmore, 2004).



**Graf č. 5: Rozdílný příjem kyslíku u nemocných, zdravých nesportujících a různých sportů (Robergs, A. R., 1996)**

Skialpinisté dosahují díky tréninku ve vysoké nadmořské výšce a pohybu podobnému běžecnému lyžování i vyšších hodnot VO<sub>2</sub>max.

Velmi vysokou hodnotu VO<sub>2</sub>max má legendární cyklista Lance Armstrong, jehož hodnoty dosahovali 85 ml/kg/min. Maratonec Paul Tegart dosahoval nejvyšších hodnot VO<sub>2</sub>max 84 ml/kg/min. Český běžec na lyžích Lukáš Bauer dosahuje v čase nejvyšší výkonnosti hodnot 82 ml/kg/min. Absolutní prvenství mezi sportovci, kteří mají doposud naměřené nejvyšší hodnoty VO<sub>2</sub>max, drží Bjorn Daehlie (norský běžec na lyžích) se svými 92–94 ml/kg/min.

Avšak mladý španělský skialpinista Kilian Jornet Burgada (22 let) dosahuje hodnot VO<sub>2</sub>max 92 ml/kg/min a předpokládá se, že díky tréninkovému růstu ještě ji zvýší. Z českých skialpinistů dosahuje nejvyšších hodnot Radek Groh - 80 ml/kg/min. (Formánková, 2009)

### 6.3.4.2 Anaerobní práh

Vytrvalostní sportovce nezajímají při zátěžových testech pouze  $VO_2\text{max}$ , ale druhým důležitým parametrem je anaerobní práh. Hodnoty aerobního prahu jsou téměř přímo úměrné  $VO_2\text{max}$ . (Canals, 2004). (viz. tabulka níže).

<b>Výkonnostní úrovně jednotlivce</b>			
<b>Přípravenost</b>	<b><math>VO_2\text{ max}</math> ml <math>O_2</math>/kg .min</b>	<b>Aerobní práh</b>	<b>Anaerobní práh</b>
Nízka úroveň	25 – 35	40 – 50 % $VO_2\text{ max}$	45 – 65 % $VO_2\text{ max}$
Střední	35 – 55	50 – 65 % $VO_2\text{ max}$	60 – 80 % $VO_2\text{ max}$
Vysoká	55 – 70	60 – 75 % $VO_2\text{ max}$	75 – 90 % $VO_2\text{ max}$
Velmi vysoká	70 - 90	70 – 85 % $VO_2\text{ max}$	85 – 95 % $VO_2\text{ max}$

*Tabulka č. 2: Orientační hodnoty  $VO_2\text{ max}$  a přibližné aerobní a anaerobní prahy u různých skupin jednotlivců (Canals, 2004).*

Podle Dovalila (2008) je anaerobní práh nejvyšší intenzita konstantního zatížení, při níž k úhradě energetického požadavku nestačí pouze aerobní procesy, výrazněji se uplatňují už také procesy anaerobní, avšak celý systém látkové výměny zůstává ještě v dynamické rovnováze tvorby a utilizace laktátu.

Anaerobní práh je rovnováha mezi spotřebou a produkcí laktátu v krvi. Je to největší možná intenzita, kterou zvládne člověk dlouhodobě. Intenzita na úrovni ANP je intenzita maximálně dosažitelného „rovnovážného stavu“ vzhledem ke koncentraci LA v krvi (Bunc, 1989).

Pro stanovení ANP je nejpřesnější využít laboratorní vyšetření se stupňovaným zatížením. Také lze využít terénních testů (podle změn tepové frekvence), ovšem zde značně klesá přesnost určení. U netrénovaných jedinců se ANP pohybuje mezi 50 – 70 %  $VO_2\text{max}$ , u trénovaných pak 80 – 90 % i více. K hrubému odhadu se uvažuje o pásmu 85 – 90 % maximální tepové frekvence. Prakticky se pracuje i s nejrůznějšími přepočty na rychlost lokomoce (Havlíčková, 2008).

### 6.3.4.3 Ventilační parametry

Úkolem respirace v živém systému je výměna  $O_2$  a  $CO_2$  mezi zevním a vnitřním prostředím organismu. Při fyzickém zatížení výměna plynů mnohonásobně stoupá. Tím pádem dochází ke zvýšení minutové plicní ventilace, která je v pásmu submaximálních intenzit zatížení úměrná intenzitě zatížení. (Bunc, 1989)

Podle Bunce (1989) jsou důležitými parametry výměny plynů, které mají vztah k určení kapacity transportního systému:

1. *Dechový objem  $V_T$*  – množství vzduchu, který se jedním výdechem dostává z plic. Jeho hodnota je značně proměnlivá a je přímo závislá na velikosti zatížení. V klidu se pohybuje mezi 300 až 500 ml, ale při fyzické práci může stoupat až na hodnoty okolo 3 litrů.
2. *Minutová ventilace  $V$*  – představuje množství vzduchu, které projde plícemi za jednu minutu. V klidu se pohybuje kolem 7 až 8 l a při výkonu stoupne na 80 až 100 l. Objem minutové ventilace rychle stoupne na začátku zatížení, ale k dalšímu vzestupu potom dochází pomalu. Minutová ventilace se přizpůsobuje nejen potřebám zvýšeného přísunu kyslíku, ale také zvýšené koncentraci  $CO_2$  a potřebě vyloučit ho při zátěži z organismu. (Špaček, 2004)
3. *Respirační kvocient  $R$* -je to hodnota poměru vydýchaného  $CO_2$  a spotřebovaného  $O_2$ . Při zátěži začne respirační kvocient stoupat, protože roste množství kyseliny mléčné ve svalech. Díky bikarbonátovému systému je vše postupně dorovnáváno. Stoupá množství kyseliny močové a tím pádem vydechovaného  $CO_2$ . Podle respiračního kvocientu lze zjistit, zda se sportovec ještě šetří a konec jeho práce je ovlivněná pouze vůlí nebo jestli se vydal ze všech sil. Hodnota okolo  $R= 1,05$  vypovídá o tom, že sportovec „ještě může“, hodnota  $R=1,20$  je už známkou akutního přepětí.



### 6.3.5 Laktát

Laktát (neboli kyselina mléčná) vzniká ve svalové tkáni při pohybové činnosti při neoxidativním využívání cukrů (především glykogen svalu a méně glukóza krve) pro zabezpečení energetických potřeb činného kosterního svalu. (Bartůňková, 2008)

Při vzniku velkého množství laktátu ve svalu se vysráží v podobě mikrokrystalů, které vyvolávají pocit svalové bolesti. Jedná se o důmyslný obranný systém, protože bolest brání další fyzické činnosti a tím další produkci laktátu. Nadbytek laktátu totiž okyseluje prostředí buňky a to je nežádoucí jev. Okyselování však způsobuje pouze laktát rozpuštěný, takže vysrážený laktát již neškodí. Přitom si ho buňka ponechává, protože se jedná o energeticky velice bohatou sloučeninu. V okamžiku, kdy pomine kyslíkový deficit a metabolismus buňky se vrátí do normálu, postupně laktát opět rozpouští a vypuzuje ho z buňky ven. Část laktátu však buňka přeměňuje na teplo a vzniká dobře známá svalová horečka. Buňka se totiž snaží krystalků laktátu co nejdříve zbavit a pouze vyšší teplota umožňuje více laktátu rozpustit. Takto rozpuštěný laktát odevzdá krvi, tato ho transportuje do jater a tam se přemění na glukózu a jaterní glykogen (Soška, 2001).

O klidové hladině laktátu (LA) v krvi mluvíme při rozmezí 1,2 – 1,8 mmol/l krve a zvýšení této hladiny o 1 mmol/l představuje uvolnění 4 g kyseliny mléčné z kosterního svalu do krve u člověka (toto množství odpovídá 70ti kilovému muži). Při pohybové zátěži kritické intenzity vrcholí hromadění LA do deseti minut. Odbourávání LA po počátečním vzestupu značně závisí na trénovanosti jedince. Produkce je u trénovaných i netrénovaných podobná, ale trénovaný organismus se s LA dokáže lépe vypořádat. Definitivní odstranění kyseliny mléčné může trvat i několik hodin. LA tvoří v lidském těle energetickou zásobu, která je buď přeměněna na glykogen, nebo spálena. Podle kyseliny mléčné (LA) v krvi je možno objektivně určit:

1. druh, podíl a zastoupení svalových vláken
2. účinnost intenzity prováděné pohybové činnosti ve vztahu ke konkrétní kondiční výbavě vyšetřované osoby

### 3. vynaložené úsilí při testech pohybové výkonnosti (Soška, 2009)

Laktát je jedním z mála parametrů, které je možno přímo využít v reálných podmínkách ke kontrole tělesného zatížení (Bunc, 1989).

## **7 Cíl a úkoly práce a hypotézy**

### **7.1 Cíle bakalářské práce**

1. Rešerše dosavadních informací o typech měření energetického krytí ve skialpinismu.
2. Zjištění rozdílů růstu srdeční frekvence při různých sklonech a s konstantním zvyšováním rychlosti na skialpinistickém trenažéru.
3. Porovnání  $VO_2$ max dosažených na skialpinistickém trenažéru a hodnotami dosaženými na běhacím a cyklistickém ergometru.
4. Zhodnocení a porovnání výsledků.

### **7.2 Úkoly bakalářské práce**

1. Z přístupných zdrojů provést syntézu informací o měření a výsledcích nejvyšších hodnot  $VO_2$  a SF při skialpinismu s porovnáním při běhu či kole.
2. Výběr skupiny pro měření s věkovými a výkonnostními rozdíly.
3. Změření tepové frekvence a  $VO_2$  při různých sklonech a s konstantním zvyšováním rychlosti na skialpinistickém trenažéru v laboratorních podmínkách na vybraných jedincích.
4. Informovat se o provádění funkčních testů v laboratoři
5. Porovnat výsledky měření vlastního měření s jinými zdroji.

### **7.3 Hypotézy**

H1: Předpokládáme, že srdeční frekvence bude stoupat konstantně při zvyšování rychlosti u různých sklonů po předchozím zahřátí na tomtéž sklonu. Rozdíly srdečních frekvencí by neměli dosahovat vysokých hodnot.

H2: Na základě poznatku o vyšších naměřených hodnotách  $VO_2$  při běžeckém lyžování oproti běhu a cyklistice předpokládáme naměření vyšších hodnot  $VO_2$  také na skialpinistickém trenažéru z důvodu zapojení více svalových skupin.

## 8 Charakteristika sledovaného souboru

Cílovou skupinou mého výzkumu je 7 skialpinistů ve věkovém rozmezí 21-38 let s minimálně dvouletou zkušeností se skialpinismem. Věkové rozdíly byly důležitým východiskem měření. V jednom případě se jedná o aktivního závodníka, u zbytku skupiny se jedná o aktivní skialpinisty s občasnou účastí na závodech českého poháru kategorie OPEN a ve všech případech se jedná o současné nebo bývalé studenty FTVS. Při výběru se dbalo na určitý stupeň fyzické zdatnosti skialpinisty a dostatečnému množství tréninku v měřeném období.

Výběr skialpinistů proběhl se souhlasem vedoucího bakalářské práce a nebyl náhodný. Vybrání byli technicky zdatní jedinci pro důvěryhodnost měření, jelikož při technicky správné chůzi skialpinista vydává méně energie. Každý jedinec ze sledovaného souboru byl podrobně seznámen s průběhem měření a jeho náročností. Testování se zúčastnili dobrovolně a dostatečně dopředu počítali s termínem měření pro přípravu a odpočinek, nemohlo tedy dojít ke zhoršení výkonnosti vlivem oslabení.

Nikdo ze souboru nebyl dlouhodobě či bezprostředně před testováním nemocen, neměl vážnější úraz a nebral podpůrné látky ke zlepšení výkonnosti.

Velikost skupiny odpovídala požadavkům vedoucího bakalářské práce. Provést měření s větším počtem účastníků nebylo možné z důvodu časové náročnosti a přesného datumu zapůjčení pásového ergometru.

Testování brala celé skupina velice vážně a snažila se o co nejpřesnější výsledky z důvodu vlastního zájmu.

Proband	Věk (roky)	Výška (cm)	Váha (kg)
1	24	186	80
2	22	172	62
3	38	181	77
4	21	178	64
5	23	191	91
6	24	182	77
7	23	178	67

**Tabulka č 3: Antropometrická charakteristika sledovaného souboru**

## 9 Metodika práce

### 9.1 Funkční zátěžová diagnostika

Zátěžová diagnostika se zabývá vyšetřováním fyziologické reakce a adaptace organismu a na pohybovou zátěž a různé druhy zatížení. Díky ní je možné stanovit důležité parametry jako je maximální spotřeba kyslíku, maximální tepová frekvence, s tím souvisí výkonnost oběhového a dýchacího systému a další. Funkční zátěžová diagnostika slouží sportovcům jako zjištění tepových prahů důležitých při trénování, kontrola trénovanosti před závodním a pozávodním období, maximální spotřebu kyslíku, která je u mnoha sportů zásadním parametrem (běžecké lyžování, cyklistika, skialpinismus apod.). Testy se nejčastěji provádějí na pásových nebo cyklistických ergometrech.

V současné době se častěji používají běhací pásy (pásové ergometry), jelikož dochází k zapojení většího množství svalových skupin a tedy přesnějším výsledkům tepové frekvence a  $VO_2\text{max}$ . Cyklistický ergometr je více dostupný a slouží hlavně pro trénování cyklistů. Nejvyšších hodnot dosahují sportovci na běžkařském ergometru.

Podle Bunce (1989) základní testy dělíme na maximální a submaximální a podle místa na laboratorní a terénní.

*Maximální zátěžový test*-organismus zatěžujeme buď zatížením konstantním dostatečně velké intenzity a nebo stupňovaným zatížením do maximálního zatížení. Tyto testy jsou potom přímým stanovením maximální výkonnosti organismu. Závažnou nevýhodou je závislost na motivačních schopnostech vyšetřovaných jedinců k výkonu.

*Submaximální zátěžové testy*-zatížení střední intenzity. Jsou bezpečnější a málo závislé na vyšetřované osobě. Výsledky je možné použít přímo při fyzickém tréninku, protože většina tréninkových intenzit je prováděna v oblasti submaximálních intenzit zatížení. Často se výsledky testů používají k výpočtu maximálních parametrů.

*Laboratorní*-možnost využití modelových zatížení na různých typech ergometrů. Měření je velmi přesné pro stanovení velikosti fyzického zatížení.

*Terénní*-použití pohybového stereotypu prakticky totožného se stereotypem vlastního výkonu v podmínkách blízkým průměrného pohybu. (Bunc, 1989)

Při zátěžových testech musí být jedinec zdravý, fyzicky odpočatý a připravený na testování.

## **9.2 Metody měření**

### **9.2.1 Antropometrické měření**

Hmotnost sledovaného souboru jsme měřili lékařskou decimální váhou s přesností na desetiny kilogramu (v charakteristice sledovaného souboru jsme zaokrouhlili na celé kg). Vážení proběhlo ve spodním prádle bez obuvi. Tělesnou výšku jsme měřili digitálním laboratorním měřidlem s přesností na desetiny centimetru, každý jedinec stál ve stoji spatném.

### **9.2.2 Srdeční frekvence**

Pro měření srdeční frekvence byly využity sportestrové sety od firmy POLAR. Tento set se skládal z hodinek a z pásu snímajícího srdeční frekvenci. Výsledky jsme přenesly pomocí infraportu do počítače. V průběhu měření se výsledek zaznamenával každých 5 sekund. Srdeční frekvenci jsme využili jako hlavní ukazatel reakce organismu při zvyšování zátěže a sklonu.

### **9.2.3 Maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub>max)**

Podle Dovalila (2008) je VO<sub>2</sub>max (maximální spotřeba kyslíku) cenným ukazatelem především pro vytrvalostní sportovce.



V našem měření se kázala hodnota  $VO_2\text{max}$  jako směrodatný ukazatel trénovanosti jednotlivců v souboru a díky ní můžeme porovnávat rozdíly mezi trénovanými a rekreačními jedinci.

### **9.3 Použité přístroje a pomůcky**

Tělesná hmotnost byla měřena laboratorní lékařskou váhou a výška těla digitálním laboratorním měřidlem tělesné výšky. Srdeční frekvenci jsme měřili pomocí hodinek Polar, které se skládají ze snímače a vysílače ve formě pásku, který se připevní na hrud', pomocí elektrod snímá srdeční aktivitu v intervalu každých 5 sekund. Interval snímání je možné nastavit podle potřeby v rozmezí 5 – 60 sekund, pro naše měření jsme využili nejkratšího intervalu, aby bylo měření co nejpřesnější. Přijímač srdeční frekvence je buď v podobě hodinek, nebo je možné spojení i s počítačem, kde lze s daty dále pracovat. Data jsou buď přijímána přímo do počítače a nebo se mohou pomocí infraportu zpětně odeslat z hodinek do počítače. Zátěžový test probíhal na pásovém ergometru s dostatečně dlouhým a širokým pásem a možností velkého sklonu pro vytvoření co nejbližších podmínek skialpinismu. Dále byly použity trojdílné trekové hole s nastavitelností velikosti do 150cm, kolečkové lyže s aretací na chůzi vpřed se skialpinistickým vázáním Dynafit TLT a skialpinistický boty Scarpa Matrix a Scarpa F1.

Díky úpravě kolečkových lyží jsme vytvořili skialpinistický trenažér pro co nejpřesnější výsledky.

## **10 Provedené testy**

### **10.1 Laboratorní měření**

Měření probíhalo v laboratořích FTVS UK pod dohledem Ing. Vodičky, který zajistil technickou úpravu pásového ergometru. Samotné testování probíhalo pod dohledem Mgr. Ladislava Vomáčka, Ph.D., který měl osobní zájem na přesnosti měření a sám se zúčastnil testování. Všechny pomůcky byly majetkem FTVS UK.

Přípevněním skialpinistického vázání na kolečkové lyže jsme docílili hlavní změny v rozsahu a stylu chůze. Dostatečně dlouhý pás umožnil velký rozsah kroku a pro případné ukročení pro srovnání stability. Šířka pásu umožňovala pohodlné odpichování trekových holí s gumovými hroty.

#### **10.1.1 Vzestup SF v závislosti na sklonu a rychlosti**

První měření proběhlo 22. 2. 2010.

Každý ze skupiny se před testování rozcvičil a posléze rozeřál na pásovém ergometru se sklonem 16° a rychlostí 2km/h po dobu 2 minut, 1 minutu se sklonem 20° a 24°. Test trval 3x4 minut s konstantním zvyšováním rychlosti po jedné minutě ze 3km/h do 6km/h ve sklonu pásu 16°, 20° a 24°. Každých 5 sekund byla zapisována srdeční frekvence. Při měření byli potřeba 2 lidé, kteří podávali záchranu. Testování se zúčastnilo 7 skialpinistů.

#### **10.1.2 Maximální spotřeba kyslíku při skialpinistické chůzi**

Druhé měření proběhlo 3. 3. 2010 za stejných podmínek jako první měření.

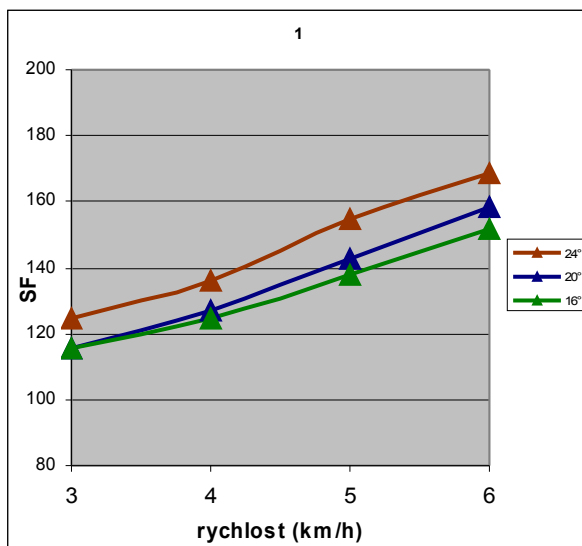
Při jednotném sklonu 20° testování po 2 minutách rozcvičení absolvovali zátěž se stupňovanou rychlostí z 3.5 km/h do 7.5 km/h. Test trval maximálně 10 minut, kdy se rychlost poslední minutu nezvyšovala. Tuto dobu absolvoval jeden testovaný, dva dosáhli maximálního zatížení v kratší době při stejné rychlosti a tři testování dosáhli

maximálního zatížení v kratší době a nižší rychlosti. Testování se zúčastnilo 6 skialpinistů. Rychlost se stupňovala o 0,2 km za 12s při sklonu 20°.

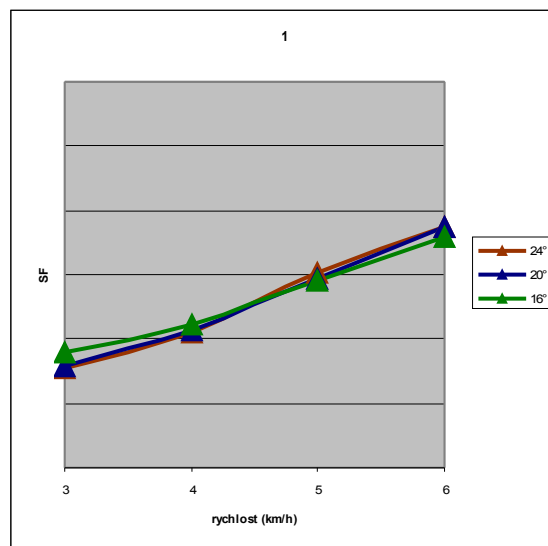
# 11 Výsledky

## 11.1 Vzestup SF v závislosti na sklonu a rychlosti

### Proband 1

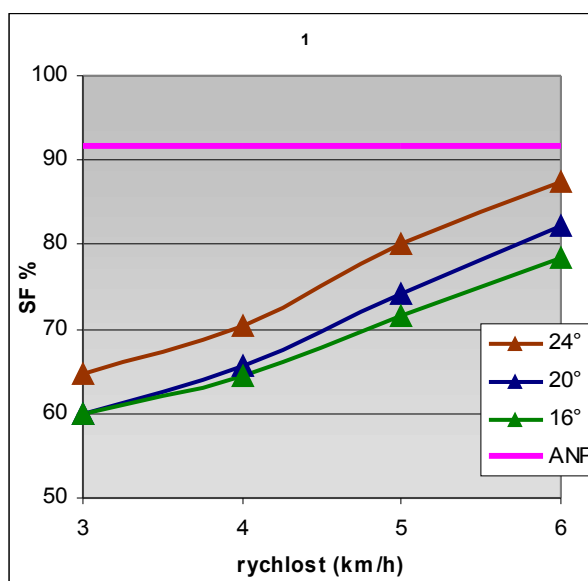


Graf č. 6: Růst SF u probanda 1 v závislosti na rychlosti v různých sklonech



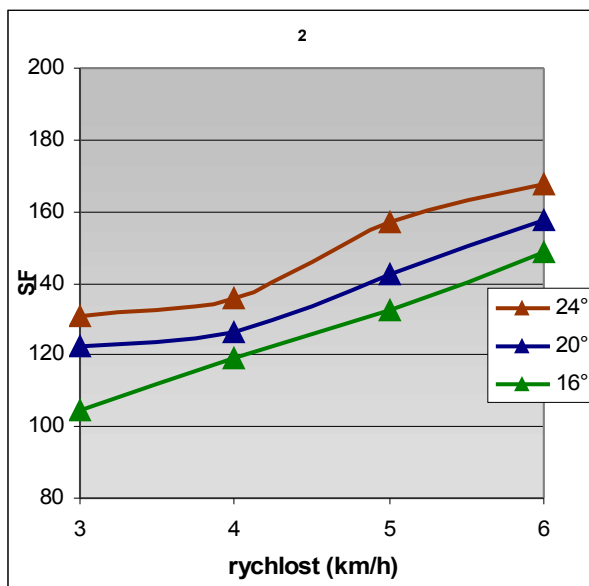
Graf č. 7: Rozdíly SF u probanda 1 po sloučení křivek SF při různých sklonech

Při sklonu 16° začínal proband při SF 119 t/s a končil při SF 157. Při sklonu 20° začínal na SF 114 a končil na 161. Při sklonu 24° začínal na SF 125 a končil na 171. Směrodatná odchylka rozdílu počáteční a konečné SF při všech sklonech nabývá hodnoty 3,82. Je viditelný podobný růst tepové frekvence. Ani při jednom ze sklonů nepřekročil anaerobní práh.

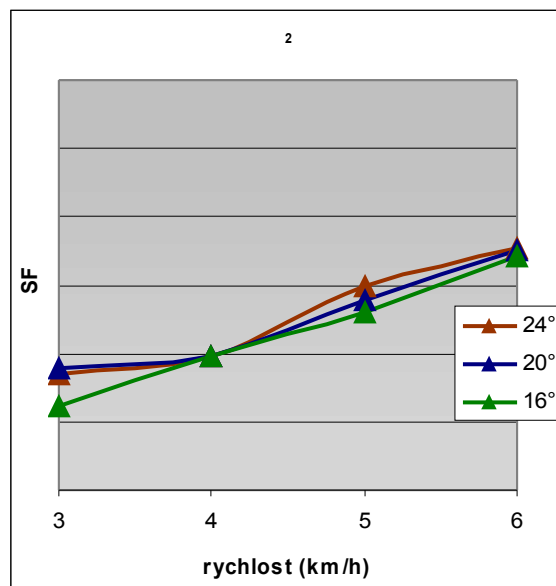


Graf č. 8: Růst SF u probanda 1 v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených v procentech k SFmax a porovnání s ANP

## Proband 2

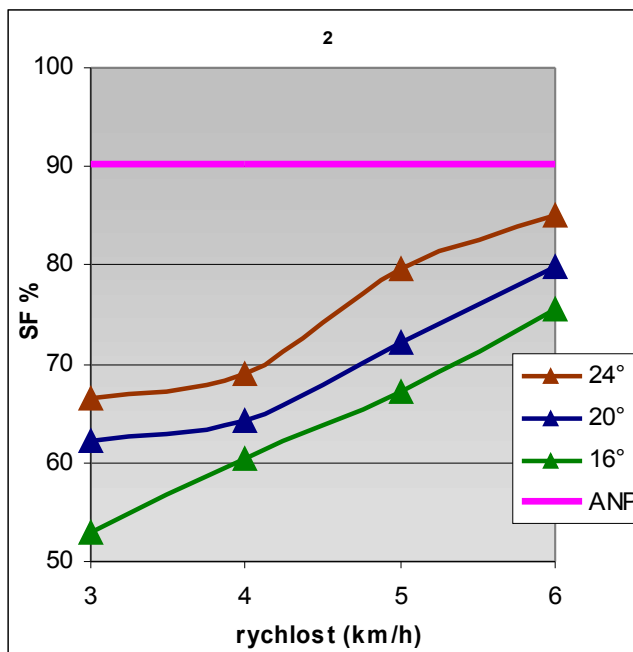


Graf č. 9: Růst SF u probanda 2 v závislosti na rychlosti v různých sklonech



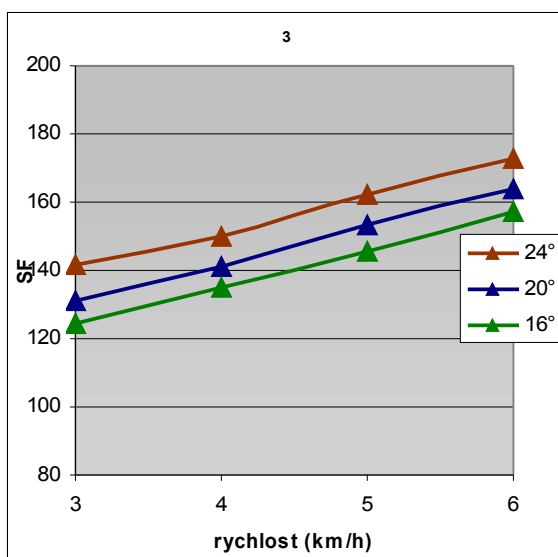
Graf č. 10: Rozdíly SF u probanda 2 po sloučení křivek SF při různých sklonech

Při sklonu 16° začínal proband při SF 103 t/s a končil při SF 156. Při sklonu 20° začínal na SF 127 a končil na 161. Při sklonu 24° začínal na SF 133 a končil na 161. Směrodatná odchylka rozdílu počáteční a konečné SF při všech sklonech nabývá hodnoty 4,17. U probanda 2 se dala čekat vyšší hodnota směrodatné odchylky důvody vyšší fyzické kondice, častějšího tréninku a tím pádem i vyšších rozdílů konečné a počáteční SF, kdy se dokáže rychleji vydýchat a odpočinout. Ani při jednom ze sklonů nepřekročil anaerobní práh.

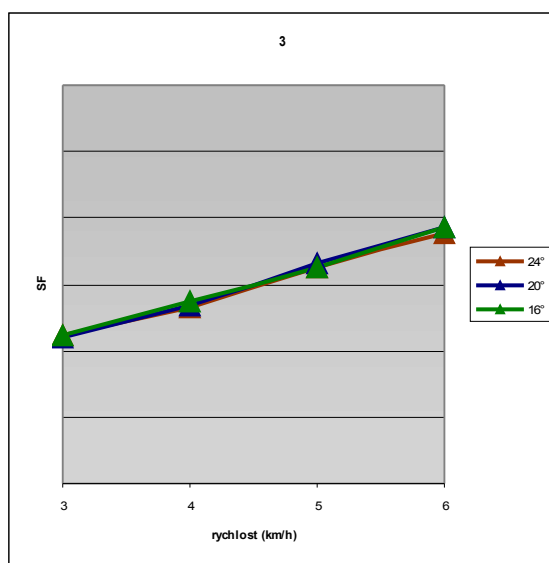


Graf č. 11: Růst SF u p. 2 v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených v procentech k SFmax a porovnání s ANP

### Probant 3

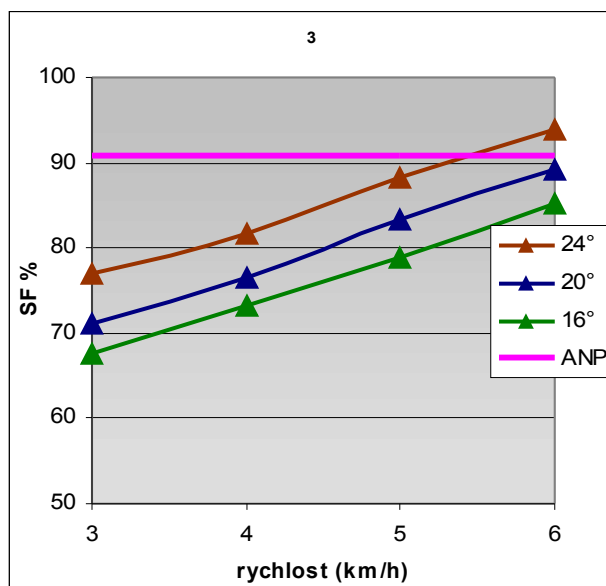


Graf č. 12: Růst SF u probanda 3 v závislosti na rychlosti v různých sklonech



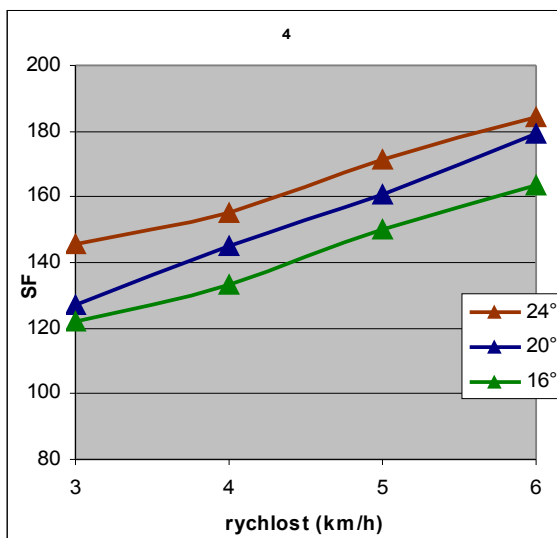
Graf č. 13: Rozdíly SF u probanda 3 po sloučení křivek SF při různých sklonech

Při sklonu 16° začínal probant při SF 125 t/s a končil při SF 161. Při sklonu 20° začínal na SF 120 a končil na 167. Při sklonu 24° začínal na SF 140 a končil na 177. Směrodatná odchylka rozdílu počáteční a konečné SF při všech sklonech nabývá hodnoty 0,78. Směrodatná odchylka je velice nízká, kterou udává velice dobrá fyzická kondice a také věk, díky němuž rozdíly tepové frekvence nejsou veliké. Vzestup SF při různých sklonech je téměř stejný, což je vidět na grafu číslo 5. Při sklonu 24° překročil anaerobní práh.

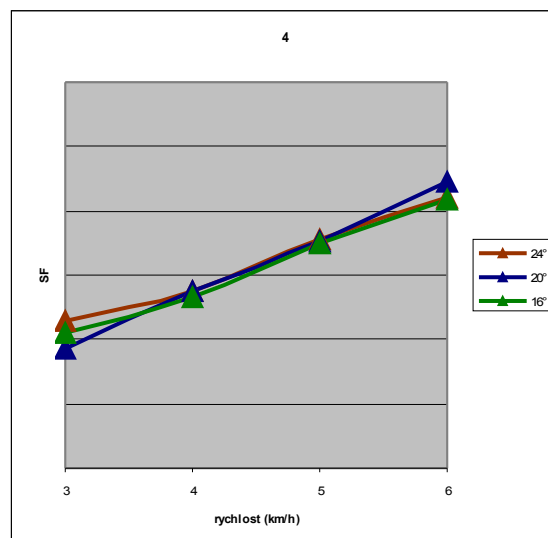


Graf č. 14: Růst SF u probanda 3 v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených v procentech k SFmax a porovnání s ANP

## Probant 4

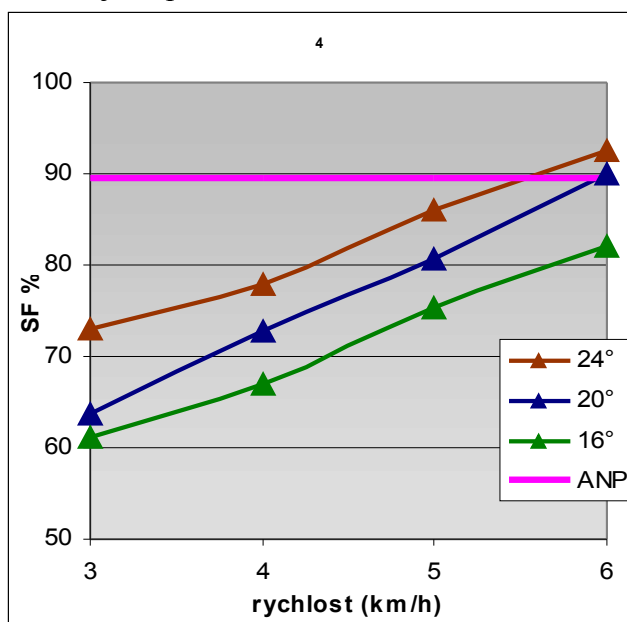


Graf č. 15: Růst SF u probanda 4 v závislosti na rychlosti v různých sklonech



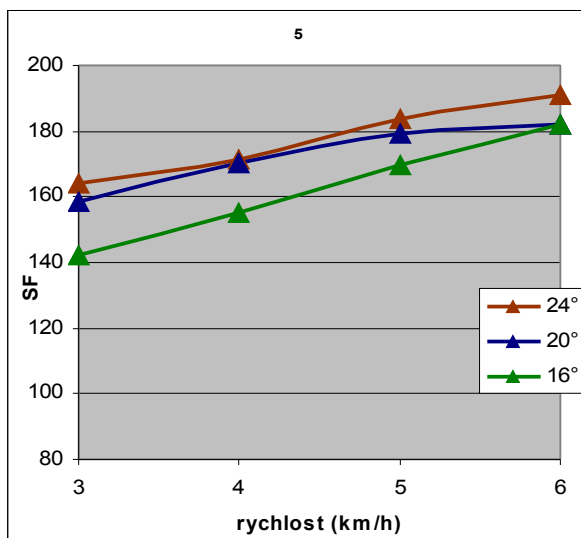
Graf č. 16: Rozdíly SF u probanda 4 po sloučení křivek SF při různých sklonech

Při sklonu 16° začínal proband při SF 123 t/s a končil při SF 167. Při sklonu 20° začínal na SF 129 a končil na 180. Při sklonu 24° začínal na SF 144 a končil na 188. Směrodatná odchylka rozdílu počáteční a konečné SF při všech sklonech nabývá hodnoty 4,58. Proband 4 díky dobré technice, kterou získal při aktivním závodění ve skialpinismu, dosáhl nejvyšší SF 188. technika je jediný faktor, který omezuje dosáhnout maximálních hodnot na našem trenážeru. Při sklonu 20° dosáhl anaerobního prahu a při sklonu 24° došlo k jeho překročení.

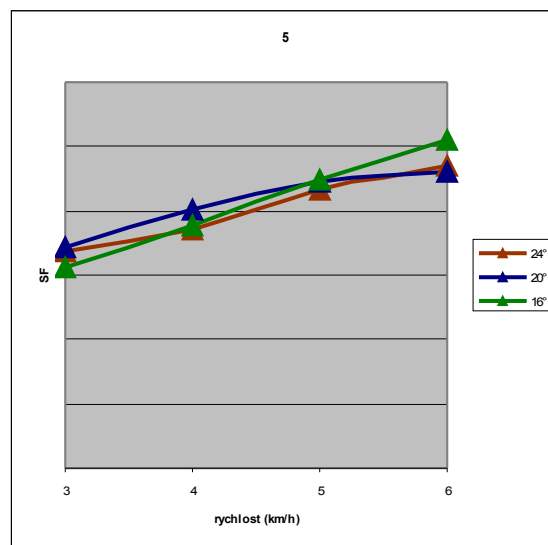


Graf č. 17: Růst SF u probanda 4 v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených v procentech k SFmax a porovnání s ANP

## Proband 5

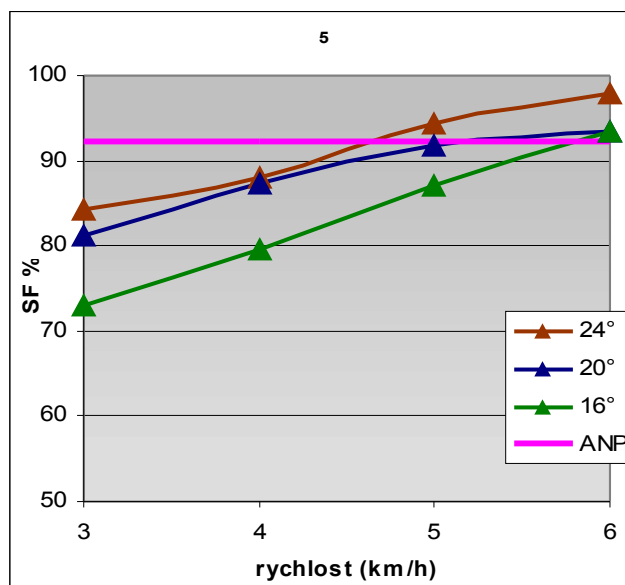


Graf č. 18: Růst SF u probanda 5 v závislosti na rychlosti v různých sklonech.



Graf č. 19: Rozdíly SF u probanda 5 po sloučení křivek SF při různých sklonech

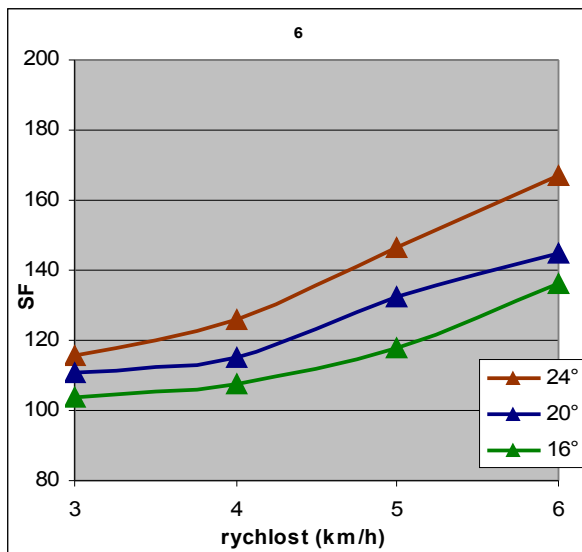
Při sklonu 16° začínal proband při SF 143 t/s a končil při SF 182. Při sklonu 20° začínal na SF 162 a končil na 182. Při sklonu 24° začínal na SF 163 a končil na 192. Směrodatná odchylka rozdílu počáteční a konečné SF při všech sklonech nabývá hodnoty 7,3. proband 5 dosahoval nejhorších výsledků ze skupiny, které byly dány jak fyzickou kondicí, tak technickými dispozicemi. Při všech sklonech překročil anaerobní práh.



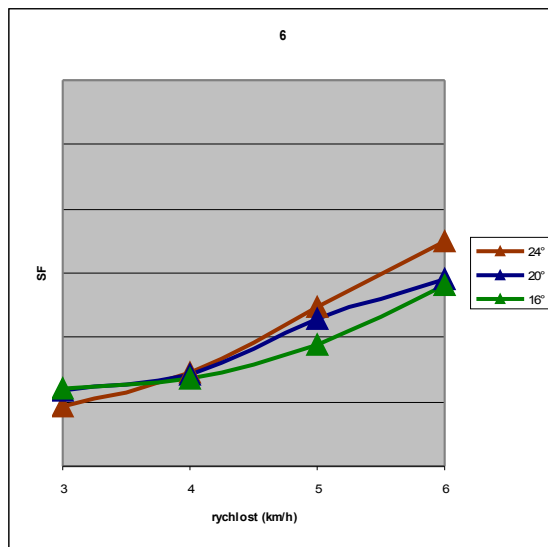
Graf č. 20: Růst SF u probanda 5 v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených v procentech k SFmax a porovnání s ANP



## Probant 6

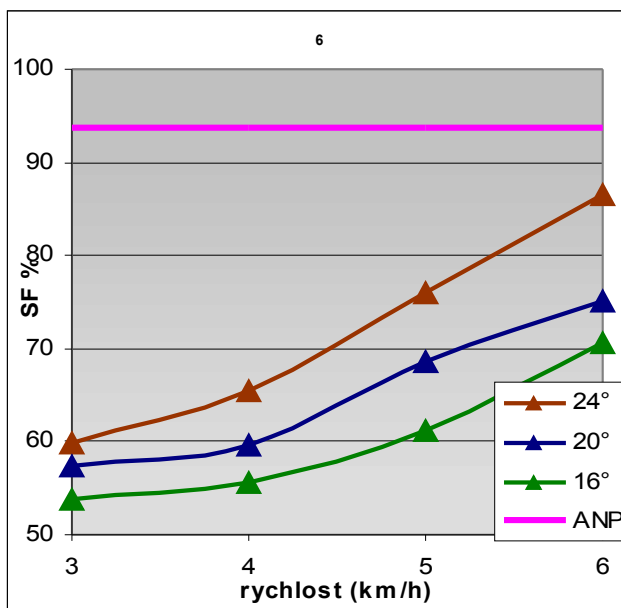


Graf č. 21: Růst SF u probanda 6 v závislosti na rychlosti v různých sklonech



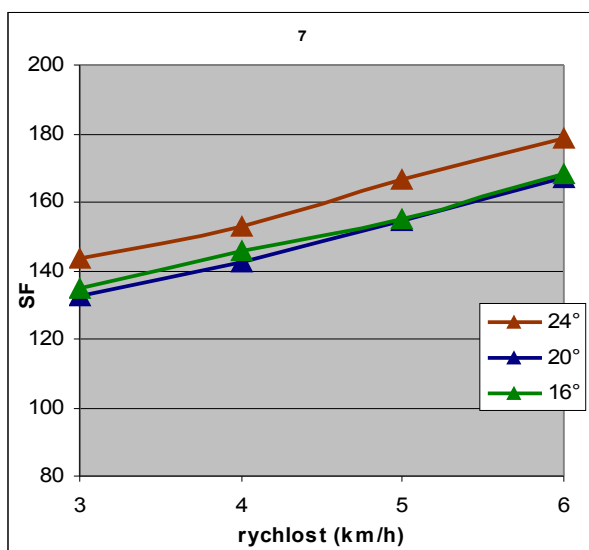
Graf č. 22: Rozdíly SF u probanda 6 po sloučení křivek SF při různých sklonech

Při sklonu 16° začínal proband při SF 106 t/s a končil při SF 150. Při sklonu 20° začínal na SF 113 a končil na 153. Při sklonu 24° začínal na SF 116 a končil na 176. Směrodatná odchylka rozdílu počáteční a konečné SF při všech sklonech nabývá hodnoty 7,3. V tomto případě zapříčinila vysokou hodnotu směrodatné odchylky pouze technika, neboť v testu maximální spotřeby kyslíku dosahoval vysokých hodnot a tedy i vysoké fyzické kondice. Ani při jednom sklonu nepřekročil anaerobní práh.

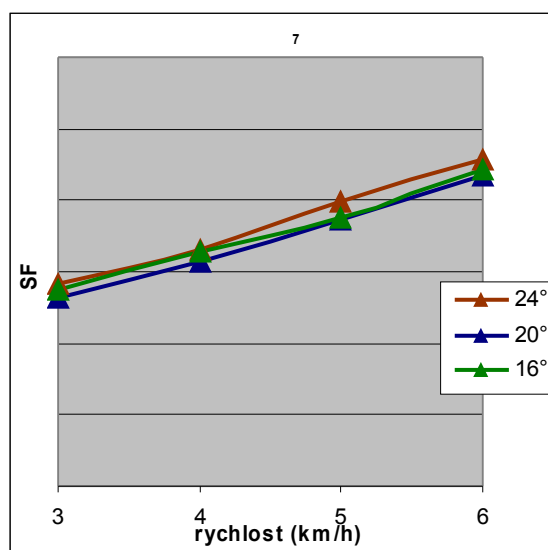


Graf č. 23: Růst SF u probanda 6 v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených v procentech k SFmax a porovnání s ANP

## Proband 7

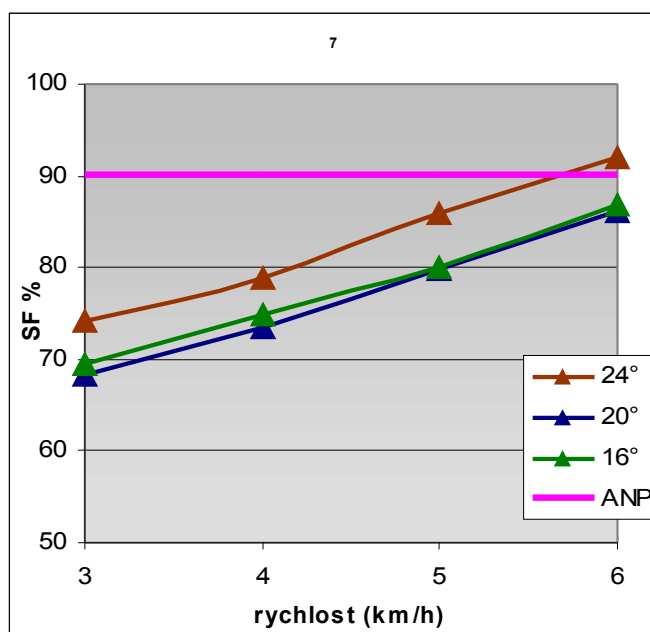


Graf č. 24: Růst SF u probanda 7 v závislosti na rychlosti v různých sklonech



Graf č. 25: Rozdíly SF u probanda 7 po sloučení křivek SF při různých sklonech

Při sklonu 16° začínal proband při SF 135 t/s a končil při SF 173. Při sklonu 20° začínal na SF 134 a končil na 171. Při sklonu 24° začínal na SF 139 a končil na 181. Směrodatná odchylka rozdílu počáteční a konečné SF při všech sklonech nabývá hodnoty 0,68. Proband 7 dosáhl nejnižší hodnoty směrodatné odchylky a pro nás nejlepších výsledků. Při sklonu 24° překročil anaerobní práh.



Graf č. 26: Růst SF u probanda 7 v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených v procentech k SFmax a porovnání s ANP

## 11.2 Maximální spotřeba kyslíku při skialpinistické chůzi

Při měření jsme porovnávali a vyhodnocovali také výsledky srdeční frekvence (SF), dýchací frekvence (DF), ventilace (V), tepového kyslíku ( $O_2$  tep). Rychlost se stupňovala o 0,2 km za 12s při sklonu 20°.

<i>Proband 2</i>			
Počáteční rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]:	3,0	Čas (min):	10
Dosažená max. rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]:			7,5
ANP			178
	<b>Klid</b>	<b>Max.</b>	
VO <sub>2</sub> [l.min <sup>-1</sup> ]:	0,32		4,64
VO <sub>2</sub> /kg [ml]:	5,19		<b>74,82</b>
V [l.min <sup>-1</sup> ]:	11,12		134,63
SF [min <sup>-1</sup> ]:	54		<b>186</b>
DF [min <sup>-1</sup> ]:	20		75
O <sub>2</sub> tep [ml]:	5,96		24,94
O <sub>2</sub> tep/kg [ml]:	0,096		0,402

**Tabulka č. 4: Laboratorní měření na skialpinistickém trenažéru – proband 2**

Proband 2 dosáhl při sportovní prohlídce 11. 2. 2010 u MUDr. Romana Gregara na cyklistickém ergometru hodnoty VO<sub>2</sub> 72,6 a při podobné fyzické kondici při měření na pásovém ergometru u Bc. Dity Formánkové hodnoty 71. Při srovnání s hodnotou na našem skialpinistickém trenažéru nabývají nižších hodnot, což by odpovídalo zapojení většího množství svalových skupin.

<i>Proband 3</i>			
Počáteční rychlost [km.h <sup>-1</sup> ):	3,0	Čas (min):	7,5
Dosažená max. rychlost [km.h <sup>-1</sup> ):			6,5
ANP			167
	<b>Klid</b>	<b>Max.</b>	
VO <sub>2</sub> [l.min <sup>-1</sup> ):	0,34		4,25
<b>VO<sub>2</sub> /kg [ml]:</b>	4,41		<b>55,26</b>
V [l.min <sup>-1</sup> ):	10,59		119,46
<b>SF [min<sup>-1</sup>):</b>	100		<b>183</b>
DF [min <sup>-1</sup> ):	16		54
O <sub>2</sub> tep [ml]:	3,40		23,25
O <sub>2</sub> tep/kg [ml]:	0,044		0,302

**Tabulka č. 5: Laboratorní měření na skialpinistickém trenažeru – proband 3**

Proband 3 dosáhl při měření prováděném Mgr. Matoušem Jindrou na jaře loňského roku hodnoty VO<sub>2</sub> 52,6, s porovnáním s našimi výsledky i zde je mírný vzestup avšak musíme brát potaz datum předešlého měření.

<i>Proband 4</i>			
Počáteční rychlost [km.h <sup>-1</sup> ):	3,0	Čas (min):	7,5
Dosažená max. rychlost [km.h <sup>-1</sup> ):			6,5
ANP			178
	<b>Klid</b>	<b>Max.</b>	
VO <sub>2</sub> [l.min <sup>-1</sup> ):	0,43		3,86
<b>VO<sub>2</sub> /kg [ml]:</b>	6,66		<b>60,36</b>
V [l.min <sup>-1</sup> ):	13,56		100,06
<b>SF [min<sup>-1</sup>):</b>	94		<b>186</b>
DF [min <sup>-1</sup> ):	24		60
O <sub>2</sub> tep [ml]:	4,54		20,77
O <sub>2</sub> tep/kg [ml]:	0,071		0,324

**Tabulka č. 6: Laboratorní měření na skialpinistickém trenažeru – proband 4**

Proband 4 i při délce trvání testu 7,5 min, dosáhl velmi slušného výsledku, čímž, jak i ostatní poukazuje na možný systém zjištění VO<sub>2</sub>max.

Ani jeden z testovaných se nepřiblížil k maximální hodnotě SF, podle vlastních výsledků, ve kterých například u Slávka dosahuje hodnoty SF 184 podle Formánkové (2009).

<i>Proband 5</i>			
Počáteční rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]:	3,0	Čas (min):	6
Dosažená max. rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]:			5,5
ANP			180
	<b>Klid</b>	<b>Max.</b>	
VO <sub>2</sub> [l.min <sup>-1</sup> ]:	0,41		4,96
<b>VO<sub>2</sub> /kg [ml]:</b>	4,48		<b>53,64</b>
V [l.min <sup>-1</sup> ]:	13,04		105,72
<b>SF [min<sup>-1</sup>]:</b>	75		<b>182</b>
DF [min <sup>-1</sup> ]:	16		57
O <sub>2</sub> tep [ml]:	5,53		27,26
O <sub>2</sub> tep/kg [ml]:	0,060		0,295

**Tabulka č. 7: Laboratorní měření na skialpinistickém trenažéru – proband 5**

Proband 5 má z testovaných nejméně zkušeností se skialpinismem, a proto by měl být zvolen jiný způsob zjištění hodnoty VO<sub>2</sub>max a SF.

<b>Proband 6</b>			
Počáteční rychlost [km.h <sup>-1</sup> ):	3,0	Čas (min):	9
Dosažená max. rychlost [km.h <sup>-1</sup> ):			7,5
ANP			181
	<b>Klid</b>	<b>Max.</b>	
VO <sub>2</sub> [l.min <sup>-1</sup> ):	0,41		5,16
<b>VO<sub>2</sub> /kg [ml]:</b>	5,38		<b>67,05</b>
V [l.min <sup>-1</sup> ):	15,12		122,73
<b>SF [min<sup>-1</sup>):</b>	66		<b>157</b>
DF [min <sup>-1</sup> ):	20		6í
O <sub>2</sub> tep [ml]:	6,27		32,88
O <sub>2</sub> tep/kg [ml]:	0,081		0,427

**Tabulka č. 8: Laboratorní měření na skialpinistickém trenážeru – proband 6**

Proband 6 dosáhl při vlastním měření v zimě 2009 hodnoty VO<sub>2</sub> 64,7 a hodnoty SF 200 na pásovém ergometru. Pro naši hypotézu je výsledek měření pozitivní. Ovšem při měření u Bc. Formánkové na jaře 2009 dosáhl hodnoty VO<sub>2</sub> 70,3 a SF 193. musíme brát v potaz rozdílnost fyzické kondice po dlouhé době. I přesto odchylka není příliš velká a pravděpodobně poukazuje na skutečnou hodnotu VO<sub>2</sub>max. Hodnota SF se zdá být nereálná, neboť při prvním měření dosahoval hodnot SF přes 170.

<i>Proband 7</i>			
Počáteční rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]:	3,0	Čas (min):	8,5
Dosažená max. rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]:			7,5
ANP			175
	<b>Klid</b>	<b>Max.</b>	
VO <sub>2</sub> [l.min <sup>-1</sup> ]:	0,45		4,56
<b>VO<sub>2</sub> /kg [ml]:</b>	6,74		<b>68,13</b>
V [l.min <sup>-1</sup> ]:	14,33		124,91
<b>SF [min<sup>-1</sup>]:</b>	58		<b>188</b>
DF [min <sup>-1</sup> ]:	224		69
O <sub>2</sub> tep [ml]:	7,79		24,28
O <sub>2</sub> tep/kg [ml]:	0,116		0,362

**Tabulka č. 9: Laboratorní měření na skialpinistickém trenažéru – proband 7**

Proband 7 dosáhl velmi vysokých výsledků na nezávodícího skialpinistu.

## 12 Diskuse

Bakalářskou práci jsme mohli realizovat s pomocí vedoucího práce Mgr. Ladislava Vomáčkova, Ph.D., který přišel s myšlenkou sestavení skialpinistického ergometru. Jelikož se skialpinismu věnuji spoustu let a posledních 7 na závodní úrovni, to byla možnost jak zjistit svoji kondici v porovnání s testy na cyklistickém či pásovém ergometru. Je vědecky známé, že nejvyšších hodnot  $VO_2$  dosahují běžci na lyžích, neboť zapojují více svalových skupin než například běžci nebo cyklisti. Náš hlavní cíl v tu chvíli byl, do jaké míry je tomu i u skialpinismu, jelikož pohyby jsou velice podobné. Dále jsme mohli přesněji zjistit rozdíly vzestupu srdeční frekvence při různém sklonu.

Při testování byl používán běžecký ergometr s kolečkovými lyžemi se skialpinistickým vázáním umožňujícími pouze chůzi vpřed a skialpinistická obuv. Samotnému měření předcházely desítky zkušebních testů, při kterých docházelo k vylepšení a zdokonalení ergometru. Teprve pak bylo možné celý výzkum realizovat. Pohyb na ergometru se v co největší míře přiblížil skutečnému pohybu na skialpových lyžích v terénu, jak potvrdili všichni zúčastnění skialpinisté. Byl tím položen základ k vytvoření speciálního skialpinistického ergometru.

Při prvním měření jsme zjišťovali rozdílné křivky vzestupu srdeční frekvence při sklonech  $16^\circ$ ,  $20^\circ$  a  $24^\circ$ . Pro potvrzení hypotézy o konstantním vzrůstu srdeční frekvence při různých sklonech jsme potřebovali výsledky s nízkou hodnotou směrodatné odchylky sklonů. Nejpřesnějších výsledků dosáhl proband 7 a proband 3. U probanda 3 se nízká hodnota směrodatné odchylky přepokládala vzhledem k vyššímu věku než ostatní testování a proto vykazuje menší rozdíly srdeční frekvence. Při pohledu na graf po sloučení křivek je jasně viditelná podobnost růstu křivek s minimálními rozdíly. Proband 7 pravděpodobně díky velmi dobré technice se dokázal zaměřit pouze na chůzi a nevydával energii na ostatní pohyby, například přidržení, popoběhnutí, zrychlení po proklouznutí lyže. Naopak nejhorších výsledků dosahoval proband 5, pravděpodobně vzhledem k nejhorší technice a nutnosti se zabývat myšlenkou nespadnout z trenažéru při vyšších rychlostech. Proband 5 má nejmenší zkušenosti se skialpinismem. V případě probanda 5 je vysoká odchylka pochopitelná



z důvodu horší lokomoce. U probanda 6 je viditelná vysoká směrodatná odchylka připisovaná hlavně zvýšené srdeční frekvenci při vyšší rychlosti ve sklonu 24°. Proband 6 je bývalý reprezentant v běžeckém lyžování, kde je podobná lokomoce. Při nižších sklonech pásu dokázal využít odpichu z lyže a šetřit síly a nárůst srdeční frekvence nebyl tak radikální, jako je tomu v nejprudším skonu. Proband 4 a proband 1 dosáhli průměrných výsledků, které potvrzují hypotézu H1. U probanda 2 je důvod vyšší hodnoty směrodatné odchylky dán pravděpodobně schopností rychlejšího snížení srdeční frekvence při přerušení zatížení. V závodním skialpinismu je velice důležité dokázat co nejrychleji snížit srdeční frekvenci při závodě v místě sundávání či nandávání pasů, kde závodník může načerpat trochu energie a zklidnit se.

Z prvního měření jsme došli k závěru, že odchylka srdeční frekvence při různých sklonech není příliš vysoká. Při větším sklonu roste tepová frekvence konstantně jako při nižším sklonu po předchozím zahřátí na sklonu provádějícím měření.

Zjistili jsme, že proband 1, proband 2 a proband 6 nedosáhli úrovně anaerobního prahu při žádném sklonu, což svědčí o jejich výborné trénovanosti. Proband 3 a proband 7 překročili anaerobní práh při největším 24° sklonu. Proband 4 překročil anaerobní práh při dvou vyšších sklonech a proband 5 dokonce při všech třech měřených sklonech. Výsledky jsou patrné z grafů „Růst SF v závislosti na rychlosti v různých sklonech vyjádřených procentech k SFmax a porovnání s ANP“. Toto porovnání lze úspěšně aplikovat při vytváření osobních tréninkových plánů jednotlivých sportovců.

Při druhém měření jsme srovnávali  $VO_2\max$  s s reálnými hodnotami dosažených na jiném přístroji a pokud je vůbec možné přiblížit se k nim nebo je překonat. Podle hypotézy H2 o zapojení většího počtu svalových skupin bychom měli dosahovat vyšších hodnot, jako je tomu například u běžeckého lyžování.

Hodnoty  $VO_2\max$  naměřené na skialpinistickém ergometru jsme u některých skialpinistů porovnávali s hodnotami naměřenými na jiných ergometrech. Proband 2 absolvoval vyšetření s odstupem 19 dní, kdy dosáhl hodnoty 72,6. Na skialpinistickém ergometru hodnoty ukazovaly 74,82. Mírné navýšení  $VO_2$  je pro nás pozitivní zprávou a potvrzuje hypotézu H2. Výsledek je ještě cennější, protože proběhl na začátku března,

kdy je vrchol sezony. Tréninkové dávky jsou v tomto období vysoké a hodnoty naměřené na cyklistickém ergometru by mohly být podobné. U probanda 3 se srovnávaly naše naměřené hodnoty s hodnotami z loňského roku, podle vlastních slov ale nedošlo k výrazné změně fyzické kondice, a proto lze výsledek použít. Při měření u Mgr. Matouše Jindry dosáhl  $VO_2\text{max}$  52,6 a na skialpinistickém trenažéru hodnoty 55,26 a i u něho se hypotéza H2 potvrdila. U probanda 6 proběhlo srovnání stejně jako u probanda 3 a i zde došlo k mírnému navýšení hodnoty  $VO_2\text{max}$  při jeho vlastním měření. Při měření u Bc. Dity Formánkové naopak k mírnému snížení. Hodnota 67,05 je pro nás směrodatná a poukazuje na pravdivost výsledků. Proband 7 jako nezávodící skialpinista dosáhl druhého nejvyššího výsledku 68,13. Výsledky probanda 4 jako rekreačního sportovce jsou stále vysoko nad průměrem. Nejnižší výsledek u probanda 5 je způsoben krátkou dobou trvání testu na nedosažení maximálních hodnot  $VO_2$  a SF. Při jiném testu by pravděpodobně dosáhl vyšších hodnot.

Druhé měření pro nás dopadlo velice dobře. Hodnoty naměřené na všech skialpinistech ukazovaly reálné hodnoty. Výsledek je také dobrý podklad pro diplomovou práci, kde by bylo dobré porovnat výsledky  $VO_2\text{max}$  naměřené na skialpinistickém trenažéru s výsledky naměřenými na běžeckém ergometru a cyklistickém ergometru u závodníků i rekreačních sportovců.

Při srovnání s Tosi Paolem, který měřil energetický výdej a zdatnost při skialpinismu, jsme nepotvrdili jeho závěr o optimální spotřebě energie při rychlosti 4 km/h. Naše výsledky poukázali na konstantní zvyšování srdeční frekvence a  $VO_2$  při růstu rychlosti a konstantním sklonu. Taktéž se nepotvrdil závěr, že muži s vyšší tělesnou výškou mají při nižších rychlostech menší spotřebu energie. Rozdíly ve výsledcích mohou být způsobeny skupinou testovaných. Naopak při srovnání s měřením Matouše Jindry z roku 2009 můžeme pozorovat podobný nárůst  $VO_2$  a srdeční frekvence, který porovnával vzestup srdeční frekvence a spotřeby kyslíku při sklonech  $5^\circ$ ,  $15^\circ$  a  $24^\circ$  s konstantní rychlostí 6km/h. Rozdíl mezi  $5^\circ$  a  $15^\circ$  dosahoval 18,5%, v posledním sklonu měření nebylo přesné.

V našem případě jsme dosáhli průměrného rozdílu srdeční frekvence mezi sklonem  $16^\circ$  a sklonem  $20^\circ$  3,69%, mezi sklonem  $20^\circ$  a  $24^\circ$  rozdílu 5, 21% a mezi sklonem  $16^\circ$  a

24° jsme dosáhli průměrného rozdílu 8,89%. Při rychlosti 6km/h mezi sklonem 16° a 24°, dosáhli jsme průměrného rozdílu 9,02%. Rozdíly u našeho měření nejsou až tak velké, ale je patrné postupné zvyšování energetického výdeje, který také závisí na zvyšování srdeční frekvence.

## 13 Závěr

V úvodu bakalářské práce jsme seskupili informace týkající se skialpinismu. Došlo k podrobnému sepsání hlavních událostí v historii tohoto sportu a popsání typů skialpinismu a typů závodů. Došlo k podrobnému vyhledání rešerší a jejich využití pro srovnání s našimi výsledky.

Hlavním cílem mé bakalářské práce bylo zjistit vzestup srdeční frekvence při různých sklonech a konstantním zrychlení a správnost hodnoty  $VO_2$  při maximálním zatížení a porovnání hodnoty  $VO_{2max}$  naměřené na skialpinistickém trenažeru s hodnotami naměřenými na běžacím a cyklistickém ergometru.

Výsledek potvrdil u prvního měření hypotézu H1 a tedy konstantní vzestup s malou závislostí na sklonu a hypotézu H2 u druhého měření, kde jsme dosáhli vyšších výsledků, než u jiných typů měření hodnoty  $VO_2$ .

Při porovnání s rešerší 6.3: Energetický výdej a zdatnost při skialpinismu, jsme nepotvrdili hypotézu nejnižší spotřeby energie v rychlosti 4km/h při konstantním sklonu. V našem případě se jednalo u všech testovaných o postupný nárůst srdeční frekvence a  $VO_2$ , tedy i energetického výdeje. Konkrétně průměrné rozdíly ve skupině testovaných mezi sklonem 16° a 20° a postupném zvyšování rychlosti z 3km/h do 6km/h dosáhly rozdílu 3,69%, mezi sklonem 20° a 24° dosáhli rozdílu 5,21% a mezi sklonem 16° a 24° dosáhli rozdílu 8,89%.

V porovnání s měřením Matouše Jindry z roku 2009 mezi sklonem 5° a 15° a rychlosti 6km/h jsme, kde dosáhl rozdílu 18,5%, jsme naše hodnoty viditelně nižší. Pokud bychom vzali v úvahu pouze rychlost 6km/h mezi sklonem 16° a 24°, dosáhli jsme průměrného rozdílu 9,02%.

I pro svou náročnost se testování zúčastnilo sedm skialpinistů. Celá skupina brala měření velice vážně, všichni byli seznámeni se stavem a zdravotními podmínkami, za kterých je nutné měření provést. Měření se obešlo bez komplikací. U prvního měření se pohybovala směrodatná odchylka u dvou skialpinistů velice nízko, u ostatních o trochu

výše, avšak všechny výsledky odpovídaly našim předpokladům. Po zahřátí v určitém sklonu a následné gradaci rychlosti stoupá srdeční frekvence se stejnou rychlostí jako při jiných sklonech a potvrdili jsme naši hypotézu H1 o konstantním růstu srdeční frekvence. Naměřený materiál může pomoci v dalších výzkumech. U druhého měření byla realizace obtížnější, neboť lokomoce na pásovém ergometru s kolečkovými lyžemi, skialpinistickou obuví a trekovými holemi není jednoduchá při nízkých rychlostech, natož při maximálním zatížení. Po velice krátkém tréninku a seznámení se s ergometrem každý ze skupiny dosáhl téměř maximálního zatížení, pouze jeden testovaný byl nucen přerušit chůzi z důvodu nezvládnutí techniky. Pravdou je, že například u cyklistického ergometru může testovaný jet do absolutního vyčerpání, což nebylo s lyžemi a holemi ve velkém sklonu možné. S připravenou záchranou jsme se ale velice maximu přiblížili. Naměřené hodnoty odpovídaly hypotéze H2 díky vyšším hodnotám  $VO_2\text{max}$  než u jiných ergometrů. Pokud bychom dokázali zajistit absolutní bezpečnost, výsledky by mohli nabývat ještě vyšších hodnot.

V České republice je skialpinismus v rozvoji a je příjemné přinést nové možnosti jak pro turisty, tak pro závodníky. Při možnosti dalšího zdokonalování skialpinistického ergometru by mohli skialpinisté pracovat s přesnými čísly ohledně růstu či poklesu výkonnosti a vymýšlet nejlepší způsoby tréninku. Myslím si, že jsme posunuly možnosti skialpinismu o trochu výše.

## Seznam zkratek

SF – srdeční frekvence

SFmax – maximální srdeční frekvence

VO<sub>2</sub> – spotřeba kyslíku

VO<sub>2</sub>max – maximální spotřeba kyslíku

PDG – Patrouille des Glaciers

ANP – anaerobní práh

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sport

UK – Univerzita Karlova

LA – laktát (neboli kyselina mléčná)

ATP – adenosintrifosfát

ADP – adenosindifosfát

CP – kreatinfosfát

P – fosfát

C – kreatin

TF – tepová frekvence

ME – mistrovství Evropy

MS – mistrovství světa

## 14 Použité zdroje

BARTŮŇKOVÁ, S. Krevní oběh. In HAVLÍČKOVÁ A KOL., L. *Fyziologie tělesné zátěže I: Obecná část*. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2008

BRTNÍK, J., NEUMAN, J. *Zimní hry na sněhu i bez něj*. Praha: Portál, 2003, 275 s., 2. vyd. ISBN 80-7178-762-0.

BULIČKA, M. *Skialpinismus? Skitouring? Sport budoucnosti!* [online]. [cit. 22. 5. 2010]. Dostupné z <<http://www.transalp.cz>>

BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*, Praha: Univerzita Karlova, 1989, 368 s., ISBN 80-7066-214-X.

BUNC, V. *Výsledky výzkumu sportovního výkonu a tréninku III*, Praha: Univerzita Karlova, 2001, 160 s., ISBN 80-246-0233-4, Kapitola 4, Kinetika srdeční frekvence a její využití pro řízení pohybového tréninku s. 25-28

CANALS, J., HERNÁNDEZ, M., SOULIÉ, J. *Entrenamiento para deportes de Montana*, Estonia: Desnivel, 2004, 168 s., 3. vyd. , ISBN 8487746977.

DIEŠKA, I., ŠIRL, V. *Horolezectví zblízka*. Praha: Olympia, 1989, 444 s., 1. vyd.

DOVALIL, J. et al. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002, 366 s., 2. vyd. ISBN 80-7033-928-4.

DOVALIL, J. *lexikon sportovního tréninku*. Praha: Karolinum, 2008, 2. vyd. ISBN 978-80-246-1404-5.

DRÁBKOVÁ, J. *Teoretické podklady – anatomie, fyziologie a patofyziologie: pomocný učební text*. Brno, 2001

DUCH, M. *ski-mountaineering* [online]. c2009, poslední revise 12. 4. 2009. [cit. 20.6.2009]. Dostupné z <<http://www.ski-mountaineering.cz>>

ELIŠKOVÁ, Miloslava; NAŇKA, Ondřej. *Přehled anatomie*. Praha: Karolinum, 2006. 309 s.

FAULHABER, M., FLATZ, M., BRUTSCHER, M. Frequency of Cardiovascular among Ski Mountaineers in the Austrian Alps, *International journal of sports Medicine*, January 2007, vol. 28, no. 1, s. 1 – 90.

GRIM, M., DRUGA, R. et al. *Základy anatomie*. Praha: Galen, 2001, ISBN 80-7262-112-2.

HAVLÍČKOVÁ, L. et al. *Fyziologie tělesné zátěže I.: Obecná část*, Praha: Karolinum, 2008, 2. vyd., ISBN 978–80-7184–875-2.

TISO, P. et al. *International Congress: Mountain and sport*, 2005 a 2009

JINDRA, M. *Energetická náročnost skialpinismu*, Praha, 2009, Diplomová práce na UK FTVS

LIENERT, R. *Skialpinismus* [online]. [cit. 24. 5. 2010]. Dostupné z <<http://www.climbingschool.cz>>

MYSLIVEČEK, J. *Základní fyziologické principy*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2002. 159 s. ISBN: 80-01-02449-0

ORŠULOVÁ, L. *Co je to skialpinismus?* [online]. [cit. 22. 5. 2010]. Dostupné z <<http://www.orsulova.cz>>

SELIGER, V. et al. *Fyziologie člověka*. 1. vyd. Praha: SPN, 1983. 432 s.



SOŠKA, V. *Poruchy metabolismu lipidů. Diagnostika a léčba*. Praha, Grada Publishing, 2001

ŠPAČEK, M. *Energetická náročnost sportovního lezení na vybraných lezeckých cestách*, Praha, 2004, Diplomová práce na UK FTVS

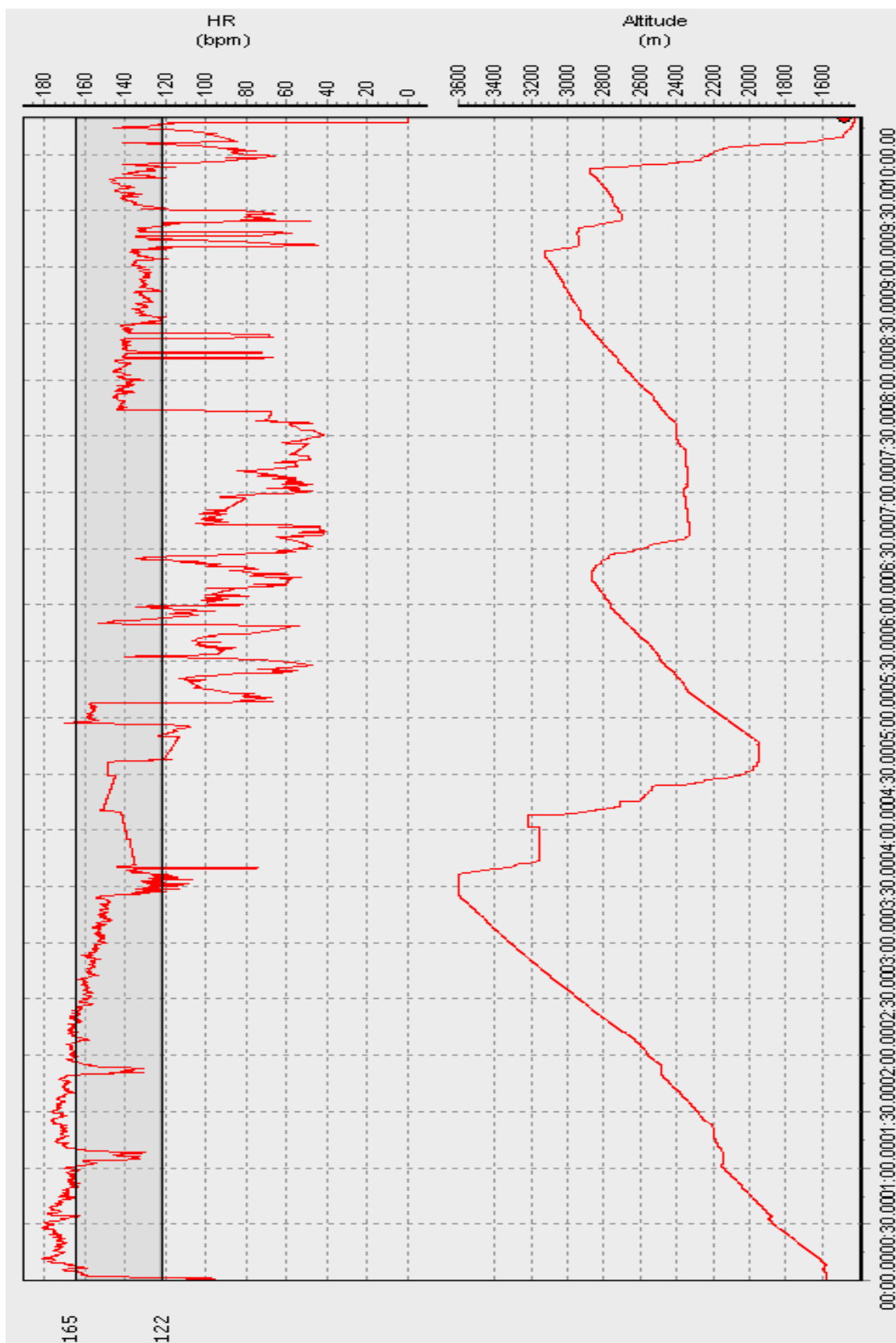
VOLKEN, M., SCHELL, S., WHEELER, M. *Backcountry skiing: Skills for Ski Touring and Ski Mountaineering*, Seattle: The mountaineers books, 2007, 339 s., 1 vyd. ISBN 978-1-59485-038-7.

WILMORE, J. and COSTILL, D. *Physiology of sport and exercise (3<sup>rd</sup> edition)*, 2004

WINTER, S. *Skialpinismus*, přeložila Dvořáková, V., České Budějovice: Kopp, 2002, ISBN 80-7232-187-0.

## 15 Přílohy

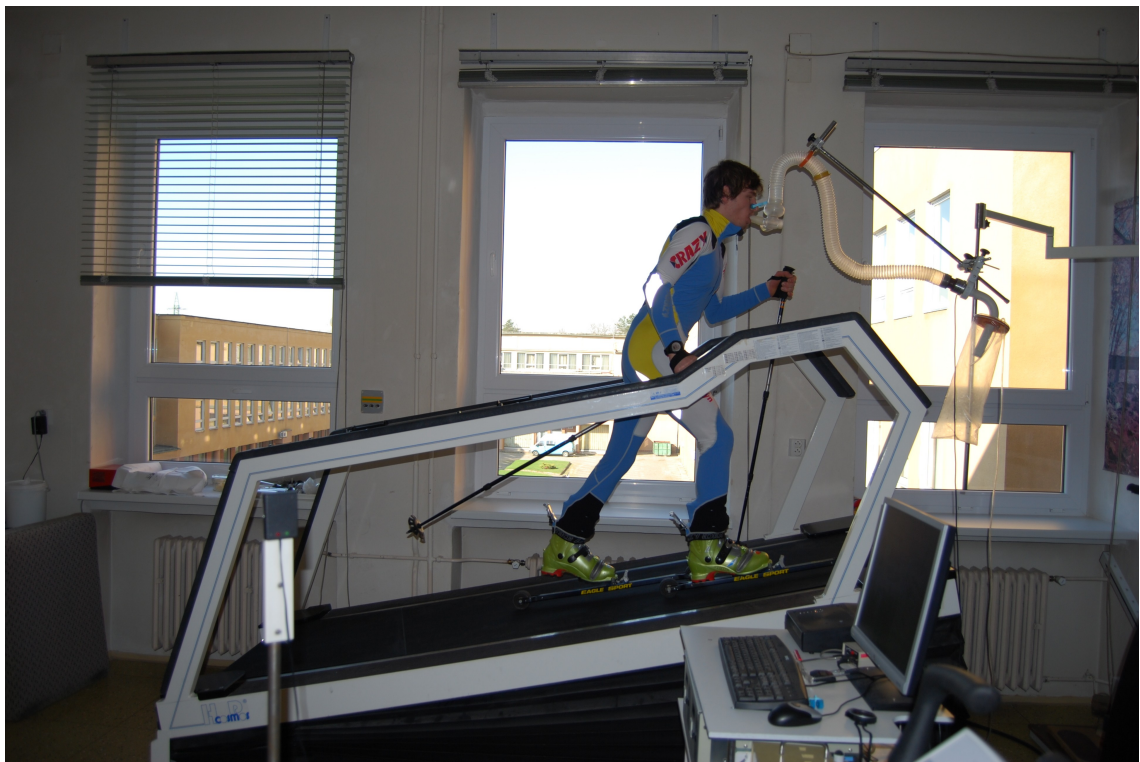
- Graf č. 27: Růst SF a převýšení u probanda 2 při závodu Patrouille des Glaciers 2010, celkový čas 10:19,56
- Foto č. 1: Běžací ergometr v laboratoři FTVS UK
- Foto č. 2: Proband 2 při skialpinistické chůzi na upraveném běžacím ergometru s kolečkovými lyžemi se skialpinistickým vázáním a trekovými holemi



Graf č. 27: Růst SF a převýšení u probanda 2 při závodu Patrouille des Glaciers 2010, celkový čas 10:19,56



**Foto č. 1: Běhací ergometr v laboratoři FTVS UK**



**Foto č. 2: Jeden z testovaných při skialpinistické chůzi na upraveném běhacím ergometru s kolečkovými lyžemi se skialpinistickým vázáním a trekovými holemi**