

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

# **ENERGETICKÁ NÁROČNOST SKIALPINISMU**

Diplomová práce

Vedoucí práce:  
Mgr. Ladislav Vomáčko

Zpracoval:  
Matouš Jindra

Praha 2009

## **Abstrakt:**

Název:

Energetická náročnost skialpinismu

Cíl práce:

Cílem diplomové práce je změřeni energetického výdeje v závislosti na sklonu svahu a konstantní rychlosti.

Metoda:

Empiricko asociační výzkum na 9 skialpinistech střední výkonnostní úrovně. Výpočet pracovního metabolismu ze srdeční frekvence resp.  $VO_2$ .

Výsledky:

Výsledky výzkumu potvrzují vědeckou otázku, že se zvětšujícím úhlem svahu a konstantní rychlostí se zvyšuje energetický výdej. Druhá část vědecké otázky potvrzuje několikanásobné zvětšení energetického výdeje při výstupu svahem oproti rovinatému terénu.

Klíčová slova:

Skialpinismus, energetický výdej, výpočet pracovního metabolismu, srdeční frekvence

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

.....

**Děkuji všem, kteří mi pomohli s realizací mé diplomové práce, zejména dobrovolníkům, kteří se zúčastnili mého výzkumu. Děkuji Slávku Vomáčkovi za cenné informace a podnětné rady při zpracování práce.**

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

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

Jméno a příjmení

Datum vypůjčení

---

## **Obsah**

1. Úvod	8
2. Charakteristika skialpinismu	9
2.1. Formy skialpinismu	10
2.1.1. Závodní skialpinismus	10
2.1.2. Skitouring	12
2.2. Charakteristika vybavení	13
2.2.1. Základní výzbroj	13
2.2.2. Bezpečnostní výbava	15
3. Cíl práce a vědecká otázka	16
3.1. Cíle práce	16
3.2. Vědecká otázka	16
4. Teoretická východiska	17
4.1. Charakteristika sportovního výkonu při skialpinismu	17
4.1.1. Fyziologické hledisko	17
4.1.2. Anatomické hledisko	18
4.1.3. Biomechanické hledisko	19
4.1.4. Pohybové schopnosti při skialpinismu	20
4.2. Hodnocení výkonnosti	20
4.3. Struktura sportovního výkonu	22
4.4. Energetické krytí pohybové činnosti	24
4.4.1. Svaly	24
4.4.2. Mechanizmy uvolnění energie	25
4.4.3. Anaerobní alaktátová zóna	27
4.4.4. Anaerobní laktátová zóna	27
4.4.5. Aerobní zóna	28
4.4.6. Aerobně-anaerobní zóna	28
4.5. Ukazatele zatížení	29
4.5.1. Srdeční frekvence	29
4.5.2. Spotřeba kyslíku	30
4.5.5. Krevní laktát	32
4.6. Energetický výdej při zatížení	33

5. Funkční zátěžová diagnostika	34
6. Charakteristika sledovaného souboru	36
7. Metody práce	37
7.1 Použité přístroje a pomůcky	37
7.2. Použité metody měření	38
7.2.1. Antropometrické měření	38
7.2.2. Srdeční frekvence	39
7.2.3. Ventilační parametry	40
7.2.4. Anaerobní práh	42
7.2.5. Výpočet pracovního metabolismu	43
8. Provedené testy – popis procedury	45
8.1. Terénní měření	45
8.2. Laboratorní měření	46
9. Výsledky	47
10. Diskuse	51
11. Závěr	54
12. Přehled obrázků, grafů a tabulek	55
13. Použité zdroje	56
14. Přílohy	58
14.1. Graf 2 Ukázka záznamu průběhu SF při sklonu svahu 15°	59
14.2. Graf 3 Rozložení SF v % při sklonu svahu 15°	60
14.4. Graf 5 Rozložení SF v % v průběhu skialpinistické túry	61
14.3. Graf 4 Záznam SF a nadmořské výšky při túře na skialpinistických lyžích	62
14.5. Tabulka 12 Část protokolu z laboratorního vyšetření	63

# 1 Úvod

Rázné kroky v pravidelném rytmu prostupují středem sněhobílé zasněžené krajiny směrem k vrcholu. Následuje zasloužený odpočinek a překrásný rozhled do širokého okolí, vrcholky skalnatých hor prozářené sluncem tvoří nádhernou scenérii. Nedotčené svahy pokryté čerstvě napadaným prachovým sněhem lákají ke sjezdu. Každý oblouček doprovází víření sněhu okolo nohou. Rychlou jízdu doprovází zběsilé bušení srdce, euforie způsobená endorfiny a adrenalinem prostupuje celým tělem. Tyto krásné pocity štěstí pociťuje stále více sportovců, kteří se věnují skialpinismu.

Můžeme konstatovat, že skialpinismus je v současné době jeden z velmi rychle se rozvíjejících zimních sportů. V České republice se začal skialpinismus rozvíjet zejména po roce 1989 po otevření hranic a zpřístupnění Alp široké veřejnosti.

V poslední době dochází k radikálnímu rozdělení mezi turistickým skialpinismem (skitouring) a závodním skialpinismem. K rozdělení dochází mezi příznivci prožitku z jízdy terénem, pobytem v krajině a příznivci výkonu, kteří stoupají do kopců za účelem dosažení určitého výkonu. Lyžařská turistika (skitouring) je krásný sport tichých hor, především pro ty, které omrzela hlučná střediska a tratě plné lidí. Ať již mluvíme o začátečnících, pokročilých či závodnících, v každém případě je skialpinismus fyzicky velice náročným sportem. Klade velký důraz na celé spektrum sportovních schopností a dovedností. Je známo, že největší nároky jsou na funkční parametry organismu, doposud však nebylo provedeno mnoho měření zjišťujících údaje o energetickém metabolismu, průběh srdeční frekvence při různých sklonech svahu atd.

Navzdory velkému rozšíření tohoto sportu v posledních letech je úroveň a množství vědeckých a odborných informací v České republice málo. Stále je předmětem zkoumání, jaké fyziologické a antropometrické aspekty jsou determinující složky výkonu ve skialpinismu. Předložený výzkum by měl přispět k zodpovězení otázek týkajících se energetického metabolismu, průběhu srdeční frekvence při různých sklonech svahu a přispět tak k hloubce vědomostí a poznatků, které máme o tomto sportovním odvětví.

Důvodem zvolení tématu je především skutečnost, že se tomuto sportu velice aktivně věnují již několik let a možnost výzkumu energetické krytí při skialpinismu pro mě znamenalo



možnost přinést do tohoto odvětví informace, které byly doposud předmětem zkoumání a přispět tak k dalšímu rozvoji tohoto překrásného sportu.

## **2 Charakteristika skialpinismu**

Pojem skialpinismus definuje každá odborná publikace s malými rozdíly.

Všeobecně můžeme skialpinismus definovat jako pobyt v horách spojený s lyžováním, horolezectvím a turistikou.

Winter (2002) uvádí skialpinismus jako výstup na lyžích a následný sjezd v neupraveném terénu zasněžených hor. Výchozími body jsou přitom hlavně vesnice a místa položená v údolích, horské chaty umístěné v nižších polohách, které slouží jako opěrné body při vícedenních přejezdech.

Bulička (2009) charakterizuje skialpinismus jako turistiku na lyžích v zimním horském terénu. Lyže se využívají jak ke sjezdu, tak i k výstupu. Túra je často spojená s výstupem na vrchol a v Alpách vedou túry i přes ledovce.

Skialpinismus je směr v horolezectví a lyžování, zaměřený na využití lyží v horském terénu. Smyslem skialpinismu je usnadnit a zrychlit pohyb v oblasti hor. Je to náročná pohybová aktivita v horském terénu při stále a rychle se měnících přírodních podmínkách. Základním prostředkem přesunu je chůze, chůze na lyžích, lezení a sjezdy. Tento silově-vytrvalostní a psychicky velmi náročný sport mohou absolvovat pouze dobře fyzicky a psychicky odolní jedinci. Tomuto sportu se převážně věnují lidé od horské služby, horští vůdci, dobří lyžaři. (Zaťko, 1986)

Dle Korbeláře (2003) a Hiebelerova lexikonu Alp je skialpinismus souhrnný název pro všechny vysokohorské podniky s lyžemi mimo upravené sjezdařské terény.

Tímto všeobecným pohledem je zatížena alpská současnost, přestože tato definice vystihuje pouze klasickou formu skialpinismu.

Skialpinismus je pohyb s lyžemi v horském terénu mimo upravené sjezdové tratě. Ve svých počátcích lyže ulehčovaly horolezcům nástupy do skal, ale po zdokonalení techniky lyžování

se používaly i k cestě zpět. V alpských zemích, kde se do skialpinismu zahrnovaly i všechny velehorské akce, dostala část této činnosti svůj prvotní název skialpinismus.

Smysl sportovního klasického i extrémního skialpinismu se z horolezeckého pohledu naplňuje sjezdem dolů, nebo přechody hřebenů či pasáží o jistém stupni horolezecké obtížnosti.

(Dieška, 1989)

## 2.1. Formy skialpinismu

### 2.1.1. Závodní skialpinismus

Závodní skialpinismus byl v České republice vymezen soutěžním řádem, který schválila Koordinační rada skialpinismu Českého horolezeckého svazu dne 9.12.1998. Soutěžní řád je závazný pro všechny závody konané na území ČR a doplněn pravidly pro závody ve skialpinismu v aktuálním znění platné od 16.10.2004.

<http://www.skimountaineering.cz> [cit 2009-03-15]

Závody mohou být třech typů *rally*, *cross*, nebo *gare* a mohou se jich zúčastnit buď jednotlivci, nebo družstva ve stanovených kategoriích.

*Systém závodu rally:*

Každý závod ve skialpinismu se skládá z povinné a nepovinné části. Povinnou částí jsou jednotlivé etapy s určenými disciplínami, nepovinnou částí jsou ostatní disciplíny závodu zařazené organizátorem.

Povinné disciplíny závodu:

**ČASOVKA** – je speciální zkouška na rychlost postupu v daném terénu. Časovka je většinou zařazena v průběhu etapy na jejím konci. Délka časovky má být v rozpětí od 10 do 20 minut.

**OBŘÍ SLALOM** – je speciální zkouška jízdy na lyžích na čas v upraveném nebo neupraveném terénu s vyznačenými brankami na obří slalom. Délka obřího slalomu má být v rozpětí od 50 do 90 sekund. V případě rozhodnutí organizátora se může zařadit do závodu obří slalom na laně, který se provádí navázáním členů družstva na horolezecké lano.

**ETAPA závodu** – je přejetí na lyžích ( nebo bez ) určeného úseku ve stanoveném limitu. Limit etapy závisí zpravidla na délce tratě, převýšení a náročnosti. O těchto faktorech rozhoduje pořadatel.

Nepovinné disciplíny závodu:

Družstva se aktivně zúčastňují nepovinných disciplín podle vlastního uvážení a způsobu soutěžní taktiky. Pořadí nepovinných disciplín musí být dodrženo.

**BODOVACÍ VRCHOL** – je absolvování určeného úseku navíc k povinné části. Za neabsolvování takového určeného úseku stanoví organizátor trestné body podle počtu minut potřebných na jeho absolvování sumárně pro každé družstvo, které tento úsek neabsolvuje. Délka tohoto úseku by neměla překročit 60 minut.

**SLAŇOVÁNÍ** – je speciální zkouška znalosti slaňování. Délka jednoho slanění musí být maximálně 15 metrů.

*Systém závodu cross:*

Je shodný se systémem rally s tím rozdílem časovky a obřího slalomu jako jedné disciplíny, která se nazývá cross. Bodování disciplíny je stejné jako při závodech systémem rally. Výsledek se stanovuje součtem bodů za povinné disciplíny.

*Systém závodů gare:*

Často nazývaný jako systém závodu start – cíl. Je založen na co nejrychlejším zdolání určeného úseku s povinnou výzbrojí, kterou určí předem pořadatel (batoh o stanoveném objemu, stoupací železa, cepín, lano atd.).

Dříve velice často používaný systém rally je dnes pouze výjimečnou záležitostí. Tyto závody mnohdy trvaly i několik dní a disciplíny probíhaly v průběhu závodu, což bylo pro diváky neatraktivní. Závodníkům tento systém nabízel projížďky nedotčenou zasněženou krajinou hor, vyrovnání se s nástrahami počasí a okolními vlivy, zatímco nyní převažující systém závodů gare probíhá většinou na místech snadno přístupných pro diváky. Divácky je tedy mnohem zajímavější a tím také pro sponzory, kteří se významným způsobem podílejí na propagaci tohoto sportu nebo i levnějšími startovními či hodnotnými cenami pro vítěze.

Další informace ohledně pravidel závodu je možné získat na Českém horolezeckém svazu nebo na internetových stránkách <http://www.ski-mountaineering.cz> [cit 2009-03-15]

### 2.1.2. Skitouring (túry na lyžích)

Podle Brtníka a Neumana (2003) skitouring představuje nezávodivou formu skialpinismu spojenou s putováním většinou ve vysokohorských oblastech i za pomoci horolezeckého vybavení jako jsou stoupací železa, lana, cepíny a jiné. Vyznačuje se také jednodenními i vícedenními přechody hřebenů i tábořením a pobytem ve vyšších nadmořských výškách.

Tento druh skialpinismu provozují zpravidla lidé, kteří dokážou ocenit krásy přírody, patřičně si vychutnat pohledy do divoké a drsné krajiny vysokých hor. Procházet se člověkem nepoznamenanými zasněženými planinami poskytuje diametrálně rozdílné pocity než lyžování v přeplněných lyžařských centrech. Zážitky ze skitouringu umocňují prudké sjezdy v mnohdy neporušené souvislé vrstvě sněhu, které jsou pro většinu skialpinistů velkým vodítkem k provozování tohoto sportu.

Rozdíl v těchto dvou odvětvích skialpinismu se vyvíjel několik let, vývojem materiálů se dosáhlo měkčích bot, kratších a lehčích lyží, které už se dnes ani nedají srovnávat s klasickým skitouringovým vybavením. Závodní skialpinismus je charakteristický svou obrovskou náročností na funkční zdatnost organismu a jakousi stereotypní zátěží do vybíhaného kopce, kde se při závodech tvoří největší rozdíly v pořadí závodníků.

Díky těmto determinantům bude mít každý z těchto druhů skialpinismu své odpůrce i příznivce. Vždy budou rozdíly mezi sportovci hledající prožitek a sportovci, kteří prahnou po soutěži, výkonnosti a porovnání sil s ostatními.

## 2.2. Charakteristika vybavení

### 2.2.1 Základní výzbroj

Spolu s předchozí kapitolou představuje nezbytnou součást vybavení. Obojí dohromady představuje základní vybavení pro skialpinismus.

*Lyže* jsou pro skialpinismus prostředkem pohybu. Během uplynulých let došlo k výraznému vývoji lyží, došlo k řadě konstrukčních změn, optimalizaci jízdních vlastností a rozdělení skialpinistických lyží do několika skupin, z nichž každá odpovídá jinému charakteru jízdy na sněhu.

*Klasické skialpinistické lyže* můžeme nazývat také univerzální, svými vlastnostmi se totiž hodí pro vysokohorské túry, dlouhé přejezdy hor i klasický skialpinismus. Jejich konstrukce spíše s větším radiusem, větší šířkou a měkkostí v podélném profilu umožňuje vysokou užitou úroveň průměrného výkonu. Šířka lyže pod vázáním se pohybuje v rozmezí 70 – 85mm. Nejsou určeny k rychlé jízdě prudkým svahem a zrovna tak k jízdě hlubokým prachovým sněhem.

*Lyže freeride* jsou velmi oblíbené svými vlastnostmi. Jejich robustní konstrukce, velká šířka lyže (obvykle 85mm + pod vázáním) a velký rádius umožňují stabilní jízdu ve velkých rychlostech, perfektní prostupnost hlubokým sněhem a zejména klidný průběh jízdy. Nevýhodou těchto lyží je větší hmotnost.

*Závodní skialpinistické lyže* jsou určeny pro příznivce rychlých výstupů. Velkou výhodou závodních lyží je hmotnost jedné lyže okolo 900g, což při chůzi do kopce dokáže ušetřit hodně sil a také času. Nevýhody těchto lyží se projeví až při sjezdu, lyže jsou měkké a nevedou dobře stopu. Díky jejich malé výšce a šířce (okolo 70mm) se jízda hlubokým sněhem může stát méně zábavnou částí túry, jelikož lyže jedou spíše pod sněhem než na sněhu (Volken 2007).

**Skialpinistické vázání** prošlo stejně jako skialpinistické lyže velkým vývojem, princip však zůstal stejný. Vázání umožňuje stoupaní do svahu pomocí volné paty, která může v případě prudkých svahů dosedat na výškově nastavitelné stupně (zmírňuje se tak sklon svahu) a lyžař může stoupat do sklonu téměř 30° bez toho, aniž by musel měnit směr kvůli zmírnění sklonu.

**Skialpinistické boty** jsou speciálně konstruovány pro výstup a sjezd v neupravených terénech. Při výstupu se uvolní pohyblivost komínku boty a umožní tak poměrně velký rozsah pohybu dopředu i dozadu. Při sjezdu se jednoduchým způsobem komínek zablokuje proti pohybu a bota tak získá stejné vlastnosti jako bota sjezdová. Všechny skialpinistické boty mají gumovou podrážku a umožňují tak bezpečnou chůzi po skále či jiném terénu. Další výhodou je botička, kterou lze vyndat ze skeletu a využít ji k snadnému a rychlému usušení nebo i pohodlné chůzi.

**Skialpinistické hole** poskytují několik výhod pro pobyt v horách. Jsou teleskopické, takže se dají složit do menších rozměrů a připnout třeba na batoh, nebo pomocí lyží z nich vytvořit saně pro raněného. Oproti sjezdařským holím mají velké talířky, aby se nebořily do sněhu a většinou tepelně izolované ergonomické rukojeti.

**Stoupací pásy** umožňují stoupaní do kopce pomocí speciálně vyrobených vláken, které zajišťují skluz a při protisměrném pohybu potřebnou adhezi k odrazu. Pásy se vyrábějí ze syntetických nebo přírodních materiálů nebo jejich kombinací. Nejpoužívanější rozdělení podle materiálu je NYLON, MOHER a nebo jejich kombinace. Pásy mohérové se vyznačují lepší skluzností a stoupavostí, nicméně pořizovací cena je vyšší než u nylonu. Mohérové pásy se rychleji opotřebují. Pásy se před stoupaním nalepí na skluznici a pomocí háčků či jiných mechanismů se přichytí na špičce a patě lyže. Některé pásy (závodní) se připevňují pouze na špičce zejména z důvodu snadné a rychlé manipulace při nasazování a sundávání.

Toto je souhrn základního skialpinistického vybavení, bez kterého nelze provozovat skialpinismus. Existují spousty dalších pomůcek a vybavení, které se používají podle náročnosti túry např. stoupací železa pro skialpinismus tzv. harschisen, sloužící k chůzi po tvrdém firnovém nebo ledovém sněhu. Dále se používají lana, sedací úvazky, karabiny a další prostředky sloužící k zdolání vytyčených cílů.

### 2.2.2 Bezpečnostní výbava

Před tím než se jakýkoliv skialpinista vydá na túru, měl by mít zkontrolované alespoň základní vybavení pro případ nečekaných událostí. V obsahu každé výbavy by neměl chybět lavinový set, který se skládá z několika částí, z nichž je každá absolutně nepostradatelná.

*Lavinový vyhledávací přístroj*, také nazývaný „pípák“ slouží k vyhledání a k poměrně přesné lokalizaci osoby zasypané lavinou. Vždy pracuje ve dvou režimech, buď jako vysílačka signálu (nutné zkontrolovat funkčnost na začátku túry) a v případě hledání zasypané osoby jako přijímač signálu. Lavinových vyhledávačů existuje nepřehledné množství, od nejlepších modelů, s kterými je vyhledávání poměrně snadné a intuitivní, až po jednoduché přístroje, které ale vyžadují pro dohledání zasypaného poměrně dlouhý trénink. Moderní vyhledávače pracují na frekvenci 457 kHz, ale je třeba rozlišovat, zdali se jedná o analogový přístroj, který je založen na akustickém principu pátrání nebo digitální vyhledávače, které značně urychlují určení místa osoby pomocí snadno čitelného displeje.

*Lavinová sonda* je dalším nezbytným prvkem při vyhledávání osoby zasypané lavinou. Stejně jako lavinových vyhledávačů tak i lavinových sond existuje nepřehledné množství. Nejpoužívanější jsou sondy z duralu, v délce nejčastěji okolo 3m, které zajišťují potřebnou pevnost a zároveň lehkost. Velkou výhodou je možnost složení na malé části, sonda pak zabírá pouze malou část místa v batohu skialpinisty.

*Lavinová lopata* umožňuje svojí speciální konstrukcí efektivní vyhrabání zasypaného. Lopaty jsou lehké, skladné a zároveň robustní, aby byla zajištěna potřebná odolnost materiálu.

*Balíček první pomoci* patří do svrchní kapsy každého batohu, pokud má odpovídající obsah (obvaz, náplast, obinadlo atd.) můžeme pomocí rychlého ošetření poraněného předejít vážnějším následkům zranění.

### **3. Cíle práce a vědecká otázka**

#### **3.1. Cíle práce**

1. Změřit energetický výdej při skialpinistických túrách pomocí  $\text{VO}_2$ , srdeční frekvence a pracovního metabolismu.
2. Srovnat energetické krytí při různých sklonech svahu a konstantní rychlosti.

#### **3.2. Vědecká otázka**

V zájmu řešení problému klademe následující otázky:

1. Bude při stoupání svahem několikanásobně vyšší energetický výdej než při chůzi po rovině?
2. Bude při větším sklonu svahu a konstantní rychlosti větší energetický výdej?



## **4. Teoretická východiska**

### **4.1. Charakteristika sportovního výkonu při skialpinismu**

Chůze na skialpinistických lyžích je lokomoční pohyb silově vytrvalostního charakteru, při kterém se pro zajištění pohybu po sněhu opakují neustále stejné pohybové vzorce. Jedná se především o střídání odrazů nohou a odpichů paží pomocí skialpinistických holí. Sled těchto pohybů zatěžuje prakticky celé svalstvo těla a tím komplexně i funkční zdatnost organismu. Současné zapojení velkého množství svalových skupin tak klade zvýšené nároky především na nervosvalovou koordinaci a funkční kapacitu organismu.

#### **4.1.1. Fyziologické hledisko**

Skialpinismus je charakterizován opakováním pohybových cyklů, které se výrazně neodlišují svojí pohybovou strukturou, tempem, funkční a metabolickou odezvou. Skialpinismus představuje vytrvalostní zátěž s velkým výdejem energie právě z důvodů pohybu obstarávajícího velké množství svalových skupin. Výdej energie je závislý na délce, profilu, charakteru tratě (túry), zvládnutí techniky a rychlosti chůze na skialpinistických lyžích.

Z fyziologického hlediska je pro výkon rozhodující aerobní kapacita (je potřeba velké množství kyslíku na uvolnění požadované energie) a také svalová síla, která při váze skialpinistického vybavení hraje velkou roli. Naopak menší význam se přikládá anaerobní kapacitě, při které dochází ke krátkodobému odbourávání energetických fosfátů (ATP,CP) bez účasti kyslíku, která při tomto sportu prakticky není potřeba.

Jak uvádí FAULHABER (2007) skialpinismus je charakterizován dvěma fázemi s různými fyzickými reakcemi. Během výstupu je třeba práce hlavního koncentrického svalu, což způsobuje submaximální odezvu srdce, dýchacího systému a metabolismu. Naopak sjezdové lyžování je charakteristické excentrickými pracovními zátěžemi.

Výdej energie při skialpinismu může lehce přesáhnout 15-ti násobek náležité hodnoty bazálního metabolismu. V porovnání s hodnotami z jiných sportovních odvětví dosahují skialpinisti při závodech jedny z nejvyšších hodnot energetického výdeje.

#### 4.1.2. Anatomické hledisko

Při chůzi do kopce probíhá pohyb na dvou úrovních: lyže a hůlky. Je zřejmé, že dolní končetiny jsou pro celkový pohyb důležitější, ale úloha horních končetin také není zanedbatelná.

##### *Svalstvo horních končetin*

Pohyb se skládá z neustálého střídavého přesouvání holí zepředu dozadu, jen v některých případech se používá soupažný odpich holemi. 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 prsní sval) - hlavně spodní vlákna, práce je patrná hlavně při výstupu prudším svahem, kdy je potřeba více zvedat ruce.

M. deltoideus (trojhlavý sval ramenní) – přední část svalu předpažení, zadní část svalu zapažení.

M. latissimus dorsi (velký zádový sval) a M. teres major (velký oblý sval) – humerální extenze (zapažení).

M. triceps brachii (trojhlavý sval pažní) skládající se z caput longum, mediale a laterale – extenze předloktí.

##### *Svalstvo dolních končetin*

Základní pohyb probíhá posouváním dolních končetin směrem dopředu na čemž se mimo jiné podílejí tyto hlavní svalové skupiny:

M. gluteus maximus (velký sedací sval) – extenze stehna.

Zadní skupina svalů stehna: m. biceps femoris, caput longum i caput breve (flexe v kolenním kloubu a extenze v kloubu kyčelním).

M. quadriceps femoris (čtyřhlavý sval stehenní) skládající se z vastus medialis, lateralis, intermedius a rectus femoris – extenze v kolenním kloubu, flexe v kloubu kyčelním

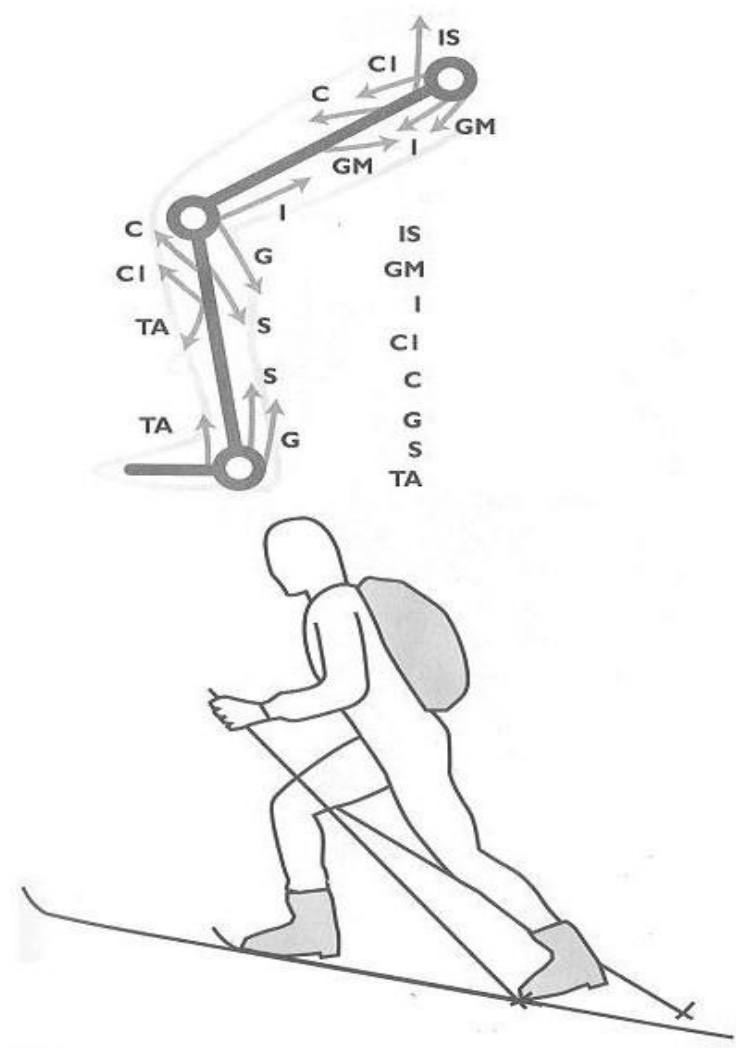
M. triceps surae (trojhlavý sval lýtkový) - skládající se z caput mediale, caput laterale a m. soleus – plantární flexe nohy a flexe kolena (Grim, 2001).

Tyto a další svaly jsou rozhodující k zvládnutí správného pohybu a techniky při chůzi na lyžích. Vyjmenováním nejdůležitější svalů a svalových skupin by se ale nemělo zapomínat na

celkovou svalovou vyváženost celého těla. Zejména pak svalů trupu, břišních a bederních svalů, které se podílejí na správném držení těla a dalších. Můžeme konstatovat, že dobré posilování oddaluje účinky únavy svalových skupin, které se podílejí na zatížení, a je třeba připomenout, že svalové vyčerpání způsobuje rychlý výskyt špatných pohybových stereotypů, které se pak velice obtížně odstraňují

#### 4.1.3. Biomechanické hledisko

Popis každého pohybu při skialpinismu by byl velmi obsáhlý, proto uvádím jen nejdůležitější část pohybu dolní končetiny, základní krok při přímém výstupu svahem.



Obr. 1. Model základního kroku při přímém výstupu svahem znázorňující působení svalových sil a svalové úpony. Příklad: Tibialis anterior (TA) se upíná na holenní kost a kosti nohy, jeho hlavní funkce je dorzální flexe nohy. (Canals et al. 2004)

Ostatní zkratky svalů viz kapitola 4.1.2

#### **4.1.4. Pohybové schopnosti při skialpinismu**

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

Pro skialpinismus se jeví jako nejdůležitější rozvoj síly, střednědobé a dlouhodobé vytrvalosti. 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. Při stoupání na lyžích hlavně koncentrickou a excentrickou, přičemž odpor nemůže být vysoký. Stejně jako u ostatních silových schopností hraje úroveň i trénink síly absolutní, její význam vzrůstá s rostoucí velikostí překonávaného odporu (Dovalil 2005).

Ostatním složkám pohybových schopností nemusíme věnovat tolik pozornosti, jelikož nemají na výkon ve skialpinismu takový podíl.

#### **4.2. Hodnocení sportovní výkonnosti**

Předem je třeba ujasnit rozdíl mezi sportovním výkonem a sportovní výkonností, jelikož se tyto dva pojmy často spojují.

Podle Dovalila (2005) se sportovní výkony hodnotí ve specifických pohybových činnostech, jejichž obsahem je řešení úkolů, které jsou vymezeny pravidly příslušného sportu v nichž sportovec usiluje o maximální uplatnění výkonových předpokladů. Tyto činnosti, ovlivněné vnějšími podmínkami, představují určité požadavky na organismus a osobnost člověka. Vysoký výkon charakterizuje dokonalá koordinace provedení, jeho základem je komplexní integrovaný projev mnoha tělesných a psychických funkcí člověka, podpořený maximální výkonovou motivací.

Růst sportovní výkonnosti souvisí s řadou biologických, psychologických a sociálních změn. Od tréninku se očekává pozitivní kumulativní efekt, tj. že bude dosaženo potřebné úrovně trénovanosti a z ní vyrůstající sportovní formy (výkonnosti).

Choutka a Dovalil (1991) uvádějí, že *sportovní výkony* se charakterizují prostřednictvím výsledků, které určují poměr sil mezi sportovci s družstvy v dané soutěži. V řadě sportovních odvětví je tento poměr kvalifikován pomocí ukazatelů času, vzdálenosti, hmotnosti, apod. avšak v řadě dalších se pořadí určuje na základě subjektivního posouzení rozhodčími. Pořadí v jednorázových soutěžích určují výsledky výkonů jednotlivých sportovců, zatímco sportovní výkonnost vyjadřuje výsledky sportovců a sportovních kolektivů v řadě opakovaných dlouhodobých soutěží. Tímto způsobem se realizuje přirozená diferenciací sportovců a sportovních kolektivů na základě úrovně jejich obecné a speciální připravenosti.

*Sportovní výkonnost* je charakterizována jako schopnost sportovce podávat daný sportovní výkon opakovaně v delším časovém úseku na poměrně stabilní úrovni.

Společným znakem růstu sportovní výkonnosti ve všech sportovních odvětvích je trvale působící moment soutěživosti, tj. usilovná snaha po neustálém zvyšování úrovně sportovních výkonů. Vnější projevem této snahy je dynamika úrovně rekordů, tak i zvyšování průměru ve všech výkonnostních úrovních. Tento trend je objektivním důkazem rozvoje sportu, tj. jak sociálních podmínek, v nichž je provádí, tak i jeho vnitřních činitelů, mezi nimiž nejvýznamnější místo zaujímá stále se zdokonalující systém přípravy sportovců.

Ve skialpinismu hodnocení výkonu probíhá za pomoci ukazatelů času. Jak rychle dokáže závodník proběhnout časový úsek (časovku), etapu anebo také celý závod. Není snadné objektivně změřit maximální výkonnost současných skialpinistických lyžařů vzhledem k rozdílnosti závodních tratí, druhů sněhu a dalších vnějších vlivů, které ve výsledném čase mohou vytvořit velké rozdíly. Je možné porovnat při závodě jednotlivé závodníky mezi sebou a to pouze v daném čase, vzhledem k velké rozdílnosti podmínek při závodech.

### 4.3. Struktura sportovního výkonu

Mezi strukturu sportovního výkonu řadíme:

- oblast somatických faktorů (předpoklady pro výkon)
- osobnostní faktory (psychologická příprava)
- faktory techniky (technická příprava)
- oblast faktorů taktiky (taktická příprava)
- kondiční faktory (kondiční příprava)

Somatické faktory jsou ve značné míře geneticky podmíněni činitelé, které hrají v řadě sportů významnou roli. Jedná se hlavně o podpůrný systém, tj. kostry, svalstva, vazů, šlach a z velké části vytvářejí biomechanické podmínky konkrétních sportovních činností. Těžko můžeme např. srovnávat skokana do výšky a vrhače koulí, na kterých jsou na první pohled vidět jejich somatické předpoklady k danému sportu.

K hlavním somatickým faktorům patří:

- výška a hmotnost těla
- délkové rozměry a poměry
- složení těla
- tělesný typ

Osobnostní (psychické) faktory jsou ještě dále členěny na sensorické, pohybové a intelektuální. Přestože výkon vychází z odpovídajících faktorů výkonu (kondiční, technické, taktické) mají u všech typů výkonů velký význam faktory psychické. Vyplývá to zejména z náročnosti soutěžních situací na psychiku člověka.

Technickými faktory se rozumí individuální zvládnutí pohybu jedincem, neboli účelný způsob řešení pohybového úkolu. Řešení by mělo být v souladu s jeho biomechanickými zákonitostmi pohybu a uskutečňovat se na základě neurofyzilogických mechanismů řízení pohybu.

Taktické faktory se podle Dovalila (2005) chápou jako způsob řešení širších a dílčích úkolů, realizovaných v souladu s pravidly daného sportu. Spočívá ve výběru optimálního řešení

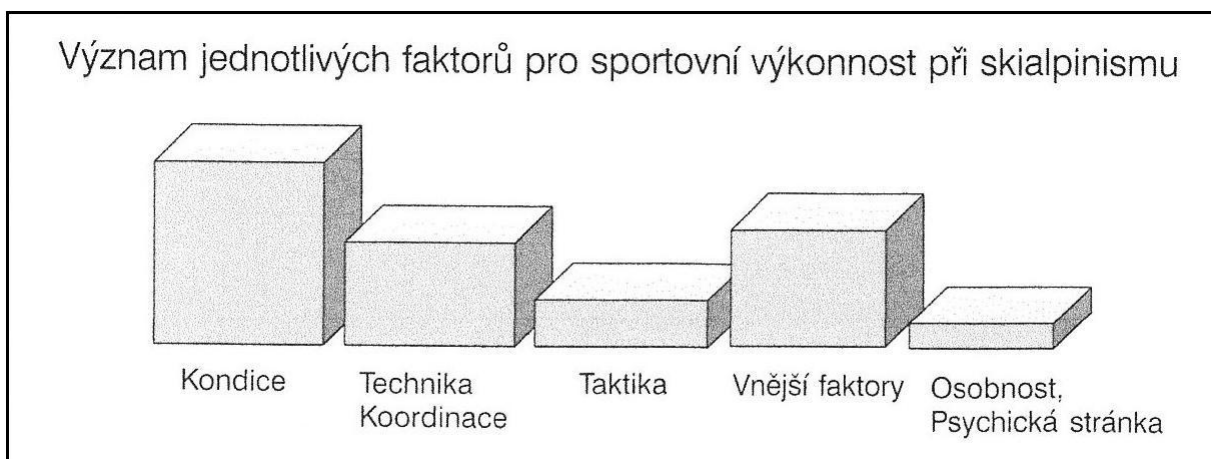
strategických a taktických úkolů. Ten však bezprostředně souvisí s technickými aspekty, takže realizace taktických záměrů je možná jedině prostřednictvím techniky.

Nejdůležitější složkou je příprava kondiční, která ve větší nebo menší míře, více nebo méně komplexně zasahuje různé fyziologické funkce lidského těla (systém nervosvalový, dýchací, srdečně-oběhový atd.), dotýká se ale i procesů psychických (úrovně aktivace, vůle, koncentrace pozornosti apod.)

Kondiční příprava si jako obsahová složka tréninku klade za cíl především rozvoj pohybových schopností. Zahrnuje zlepšení všestranného pohybového základu, rozvoj silových, rychlostních, vytrvalostních a obratnostních schopností. Rozvoj speciálních pohybových schopností v souladu s potřebami techniky daných sportovních činností a energetických režimů jejich výkonového provedení.

Předpokladem zvyšování sportovní výkonnosti je podle Choutky a Dovalila (1991) plánovitě převádění dosaženého stavu trénovanosti ve stav nový, vyšší. Trénovanost chápeme jako celkový stav připravenosti sportovce charakterizující aktuální míru přizpůsobení sportovce požadavkům příslušné sportovní činnosti. Je výsledkem adaptačních změn na konkrétní tréninkové a soutěžní zatížení.

Graf č. 1 Profil požadavků při skialpinismu podle CHr. Semmela (Winter, 2002).



## 4.4. Energetické krytí pohybové činnosti

### 4.4.1. Svaly

Základním prostředkem pohybu pro člověka jsou svaly skládající se ze svalových vláken, které mají řadu společných znaků, a to především anatomických, které dovolují jejich jednotný obecný popis. Sval je ve skutečnosti heterogenní populací vláken, lišících se řadou mikroskopických, histochemických a fyziologických vlastností.

Podle Dylevského et al. (2000) rozlišujeme podle uvedených kritérií čtyři typy svalových vláken:

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

#### *Pomalá červená vlákna (SO)*

Velké množství myoglobinu jim dodává červenou barvu, jsou typické velkým množstvím kapilár. Enzymaticky jsou červená vlákna vybavena k pomalejší kontrakci a jsou vhodná především pro dlouhodobou, vytrvalostní činnost. Jsou ekonomičtější a vhodnější pro stavbu svalů zajišťujících spíše statické, polohové funkce a pomalý pohyb.

#### *Rychlá červená vlákna (FOG)*

Jsou objemnější, mají více myofibril a méně mitochondrií. Enzymaticky jsou vybavena k rychlým kontrakcím prováděným velkou silou, ale po krátkou dobu. Jsou méně ekonomická, hodí se pro činnost zajišťující rychlý pohyb prováděný velkou silou.

#### *Rychlá bílá vlákna (FG)*

Mají velký objem, málo kapilár, nízký obsah myoglobinu a nízký obsah oxidativních enzymů. Jsou vhodné především k rychlému stahu prováděného maximální silou. Vlákna jsou málo odolná proti únavě.



### *Přechodná vlákna*

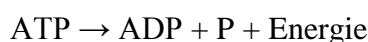
Představují vývojově nediferencovanou populaci vláken, která jsou zřejmě potenciálním zdrojem předchozích tří typů vláken.

Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu vzhledem k jejich funkční charakteristice má nepochybně zásadní význam z hlediska svalové výkonnosti, rychlosti prováděného pohybu a ekonomii svalové práce atd. Rozdílné typy svalových vláken jsou využívány při různé intenzitě a objemu svalové činnosti.

Z hlediska skialpinismu můžeme konstatovat, že pro dlouhodobou vytrvalostní zátěž jsou nejvhodnější pomalá červená svalová vlákna.

#### **4.4.2. Mechanizmy uvolnění energie**

Veškerý pohyb našeho těla je spojen s výdejem energie, kterou nazýváme energetická spotřeba. I při absolutním klidu těla organismus spotřebovává energii, kterou není možné zásadním způsobem ovlivnit. Tato základní energetická spotřeba se označuje jako bazální metabolismus, který pokrývá energeticky dostačujícím způsobem všechny životní funkce člověka. Zajišťuje udržení základních funkcí (bez něho není život) a představuje 100% intenzity metabolismu. Výživu potřebnou pro organismus nám zajišťují potraviny, které jsou zdrojem energie pro vykonávání aktivity. Velmi zjednodušeně můžeme říct, že k veškerým metabolickým reakcím lidského těla je zapotřebí energeticky bohatých molekul nazývaných ATP (adenosin trifosfát). Který umožňuje svalový pohyb na základě reakce:

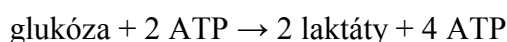


Avšak takto vniklá energie umožňuje kontrakci svalových vláken pouze do 15 sekund. Na realizaci déletrvajícího pohybu organismus mobilizuje vysoko energetické molekuly (glycidy, lipidy, proteiny).

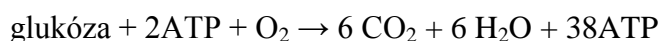
V období relaxace se resyntetizuje ATP především štěpením CP a makroergních fosfátů. Reakce, které při tomto nastávají, lze shrnout asi takto:



Tato reakce je důležitá na počátku každého výkonu, a zejména u výkonů maximálně a vysoce submaximálně intenzivních. K jejímu uskutečnění také není zapotřebí kyslíku. Druhou reakcí poskytující, poskytující ATP bez kyslíku, tedy anaerobně, je štěpení sacharidů. Lze jí schématicky znázornit následujícím způsobem:



Další mechanismus důležitý pro resyntézu ATP jsou chemické procesy uvolňující energii oxidativně. Především je to aerobní glykolýza 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).

Při uvolňování energie pro svalovou činnost dochází k specifickému uplatňování zón metabolického energetického krytí:

- alaktátový neoxidativní anaerobní způsob hrazení energie (anaerobní alaktátová zóna)
- laktátový neoxidativní systém hrazení energie (anaerobní laktátová zóna)
- oxidativní způsob hrazení energie (aerobní zóna)
- smíšené hrazení energie (aerobně-anaerobní zóna)

Všeobecně nespécializovaný trénink zlepšuje celkový stav organismu, zvyšuje kapacitu srdce a plic a 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.

#### **4.4.3. Anaerobní alaktátová zóna**

Dle Havlíčkové (2008) se jedná o svalovou činnost s trváním do 10 – 20 sekund s uvolňováním energie z pohotových zásob makroergních fosfátů ve svalové tkáni ATP, CP (zpětné doplnění zásoby ATP, CP se předpokládá za 2 – 3 minuty). Celkové množství energie v této zásobě je malé, pouze mezi 21 – 33 kJ. Podkladem pohybové činnosti v alaktátové zóně je aktivita tzv. rychlých glykolytických vláken (FG) kosterního svalu, kterých mají např. sprinteři převahu, zabezpečují vysokou intenzitu stahu, ale rovněž rychlou únavu.

#### **4.4.4. Anaerobní laktátová zóna**

Při pohybových činnostech submaximální intenzity s trváním 45 – 90 sekund, eventuelně delších činnostech s nedostatečnou dodávkou kyslíku, převažuje podle Havlíčkové (2008) anaerobní systém hrazení energie, charakteristický vzestupem kyseliny mléčné a jejích solí (laktátu – LA) v krvi, jako důsledek anaerobní glykolýzy, neoxidativního odbourávání svalového glykogenu event. glukózy. Celková kapacita tohoto systému je přibližně 120 – 420 kJ, energetický zisk je tudíž malý.

Z hlediska intenzity pohybové činnosti je nevýhodné, že rychlost uplatnění ATP získaného odbouráváním svalového glykogenu je v přímém energetickém zabezpečení svalového stahu v laktátové zóně metabolického krytí dvakrát pomalejší, než v zóně alaktátové. Důsledkem je snížení intenzity pohybové činnosti, též v souvislosti s vyplavením LA. Celková kapacita využití laktátové zóny metabolického krytí je omezena subjektivní schopností tolerovat nepřímé důsledky zátěžové metabolické acidózy.

Podkladem pohybové činnosti jsou zde rychlá glykolytická vlákna, zabezpečující intenzivní svalový stah s rychle nastupující únavou. Za reprezentativní ukazatel laktátové anaerobní kapacity organismu se považuje hladina LA v krvi.

#### 4.4.5. Aerobní zóna

Podle Wilmore (1993) je tento systém využíván v dlouhodobě trvajících zatíženích s nižší intenzitou, např. delší běžecké tratě, klasické lyžování, cyklistika ale i skialpinismus.

Kapacitou aerobní zóny metabolického krytí chápeme jako celkový objem energie uvolnitelné oxidativně (aerobně). Aerobní způsob krytí energie s dostatečnou dávkou kyslíku pro potřeby činného kosterního svalstva, což závisí na možnostech a výkonnosti dýchacího a oběhového systému. Tento způsob hrazení energie se uplatňuje při pohybových činnostech střední a mírné intenzity s trváním činnosti nad 90 sekund a dále. Krytím energie, kterou potřebuje kosterní sval, dochází k doplňování energie úplným štěpením cukru a tuků. Při výlučně aerobním energetickém krytí nedochází ke zvyšování hladiny laktátu v krvi.

Oxidativní způsob metabolického krytí je velmi efektivní v zásobování svalové tkáně ATP a CP na maximální výchozí úroveň. Využitelnost svalového glykogenu je 13x až 19x vyšší než při jeho využití v laktátové zóně krytí energetických potřeb, avšak jeho podstatné vyčerpání předpokládá až 48-72 hodin regenerace. Nepostradatelnou složkou potravy v době regenerace jsou cukry.

Podkladem pohybové činnosti je aktivita především pomalých svalových vláken (SO) kosterního svalu (Pešlová 1995).

#### 4.4.6. Aerobně-anaerobní zóna

Předěl mezi oxidativním krytím při pohybové činnosti a smíšeným krytím aerobně-anaerobním, ve kterém prudce narůstá podíl neoxidativní úhrady energetických potřeb, se nazývá anaerobní práh. 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  $4 \text{ mmol.l}^{-1}$  v krvi. U vytrvalců se vyskytuje práh v oblasti koncentrace LA  $2 - 3 \text{ mmol.l}^{-1}$ , podobně u starších a oslabených osob.

## 4.5. Ukazatele zatížení

### 4.5.1. Srdeční frekvence

Srdeční frekvence reprezentuje hodnotu, která podle Matouškové (2007) vyjadřuje všechny stahy (tepy) srdce za minutu a přesně odpovídá aktuálním zatížením organismu a je jedním z nejnázne měřitelných, relativně objektivních stavových veličin.

Zájem o mnohostranné praktické využití srdeční frekvence pro potřeby řízení, kontroly a zjišťování efektů pohybového zatěžování na různých výkonnostních úrovních v posledních letech prudce stoupá. Pro svoji spolehlivost a dostupnost je hlavní a nejčastěji používanou kontrolou nejen tréninkového efektu a zatížení (Bunc, 2001).

Srdeční stah zajišťuje krevní oběh, který rozvádí kyslík a živiny do celého těla, srdeční frekvence tedy roste nebo klesá v závislosti na potřebách kyslíku nebo živin v celém organismu. Mezi nejrozšířenější a nejdostupnější pomocníky při měření tepové frekvence patří snímače srdeční činnosti tzv. sporttestry.

Řízení srdeční frekvence podléhá vegetativnímu nervovému systému přes stresové hormony (adrenalin), stává se tedy velmi ovlivnitelným ukazatelem. Velmi citlivě reaguje na veškeré změny organismu např. pohybovou činnost, rozrušení, únavu, psychický stres nebo nemoc.

Je všeobecně známo, že pro trénovanou osobu je vždy při zatížení charakteristická nižší srdeční frekvence. Trénované srdce svým jedním stahem dopraví do krevního oběhu větší množství krve, a proto se při zatížení nemusí jeho frekvence tolik zvýšit.

Záleží zde především na úrovni trénovanosti a na převaze tonu parasympatiku nebo sympatiku.

Klidové hodnoty srdeční frekvence se u běžné populace pohybují kolem 70 t/min. Velikost klidové srdeční frekvence se však mění a je ovlivnitelná mnoha faktory. Příkladem jsou trénovaní jedinci, kteří mohou mít klidovou srdeční frekvenci hluboko pod 60 t/m.

Jedinci s nízkou TF v klidu mají podle Semiginosvkého (1988) obvykle relativně vyšší činnostní rezervu a vzestup TF při pohybovém výkonu je relativně vyšší, než je tomu u osob

s běžnou výchozí TF nebo dokonce s jejími vyššími hodnotami. Návrat srdeční frekvence po zatížení je obvykle rychlejší u vagotiků.

Maximální srdeční frekvence je opět velice individuální a s věkem klesá. Některé publikace jako Mourek (2005) ji označují jako kritickou srdeční frekvenci, při které je zkrácení diastoly tak veliké, že se komory nestačí naplnit dostatečně krví a srdce selhává. 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. Nebo velice jednoduše avšak s nepřesností + - 10% se vypočítá 220 minus věk.

#### **4.5.2. Spotřeba kyslíku**

Nezbytným požadavkem na pohybovou zátěž je zajištění metabolických potřeb. Zvýšená intenzita je přímo úměrná zvýšení požadavků na výměnu plynů.

Děje, jimž se při tělesné práci uvolňuje potřebná energie, jsou jednak přímo závislé na dodávce kyslíku (aerobní děje – oxidační fosforylace), jednak probíhají bez dostatečného přísunu kyslíku (anaerobní děje – glykolytická fosforylace), 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. Navíc, uvědomíme-li si, že valná 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).

Vytrvalostní sportovce zajímají při zátěžových testech hlavně dva důležité parametry:  $VO_2max$  a anaerobní práh. Nejlepší běžci na lyžích mají hodnoty  $VO_2max$  velmi vysoké, víc než 80 ml/kg.min. Absolutní hodnota (litrů  $O_2/min$ ) má výhodu, že hodnotí vliv tréninku na aerobní kapacitu bez toho, aniž by do ní zasahovaly faktory jako je nárůst nebo ztráta tělesné hmotnosti. V závislosti na tělesné hmotnosti určuje relativní výkon, v horách určení komplikuje používání batohů, jelikož přidávají na hmotnosti a celková váha pak neodpovídá tělesné hmotnosti (Canals, 2004). (viz. tabulka č. 2)

<b>Výkonnostní úrovně jednotlivce</b>			
Připravenost	<b>VO<sub>2</sub> max ml O<sub>2</sub>/kg .min</b>	<b>Aerobní práh</b>	<b>Anaerobní práh</b>
Nízka úroveň	25 – 35	40 – 50 % VO <sub>2</sub> max	45 – 65 % VO <sub>2</sub> max
Střední	35 – 55	50 – 65 % VO <sub>2</sub> max	60 – 80 % VO <sub>2</sub> max
Vysoká	55 – 70	60 – 75 % VO <sub>2</sub> max	75 – 90 % VO <sub>2</sub> max
Velmi vysoká	70 - 90	70 – 85 % VO <sub>2</sub> max	85 – 95 % VO <sub>2</sub> max

Tabulka č 1. Orientační hodnoty VO<sub>2</sub> max a přibližné aerobní a anaerobní prahy u různých skupin jednotlivců (Canals, 2004).

<b>Vliv přepravované zátěže</b>					
	<b>Hmotnost jednotlivá</b>	<b>Celková hmotnost</b>	<b>VO<sub>2</sub>(l/min)</b>	<b>VO<sub>2</sub>(l/min.kg)</b>	<b>VO<sub>2</sub>(l/min.kg) Celková hmotnost</b>
<b>Jednotlivec A</b>	60 kg	75 kg	4,2	70	56
<b>Jednotlivec B</b>	75 kg	90 kg	5,1	68	56,6

Tabulka č 2. Odhad vlivu přepravované zátěže na jednotlivce a jeho fyzický výkon. Při stejných fyziologických a technických faktorech by měl jednotlivec A malou teoretickou výhodu při uskutečňování výstupu na vrchol v teniskách a jednotlivec B by měl výhodu při nesení váhy 15k (Canals, 2004).

Spotřeba kyslíku určuje efektivitu celkového systému produkce energie jednotlivce (dýchacího, objemového a svalového).

Při vysokých výkonech často mluvíme o kyslíkovém dluhu, který se vytváří při nadspotřebě kyslíku organismem. Vyjadřuje nadspotřebu kyslíku po skončení cvičení převážně anaerobního charakteru, tedy neoxidativním způsobem metabolismu. Tato veličina úzce souvisí s pojmem kyslíkového deficitu, který vzniká při anaerobním zatížení a vyjadřuje nepoměr mezi potřebou a aktuální dodávkou kyslíku tělesným tkáním. Hodnoty kyslíkového dluhu mohou u trénovaných jedinců dosahovat 15 -18 litrů, u netrénovaných kolem 5 – 6 litrů. Výše kyslíkového deficitu a kyslíkového dluhu by měli být přibližně rovné. Vyrovnání kyslíkového dluhu v době zotavení (vyšší tepová frekvence, dechová frekvence i minutová ventilace plicní) vede k postupnému nastolení výchozí rovnováhy a dochází tak k obnově zejména energetických rezerv organismu tedy resyntéze ATP, a CP, glykogenu aj (Dovalil 2005).

Spotřebu kyslíku charakterizuje mnoho hodnot, které mají v mém výzkumu větší či menší úlohu. Těm, které byly vyšetřované při mém testování dobrovolníků se budu věnovat v kapitole 7.2.3. Ventilační parametry.

#### **4.5.5. Krevní laktát**

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. Metabolismus svalové tkáně během tělesného zatížení mnohonásobně stoupá. Zvyšujeme-li intenzitu zatížení, zvyšuje se průběžná spotřeba kyslíku až do maximální úrovně a současně tak dochází v určitém momentu k postupné aktivaci anaerobních procesů, o čemž svědčí při modelovém vyšetření křivka laktátu.

Klidová hladina laktátu (LA) v krvi se pohybuje mezi 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 s tělesnou hmotností okolo 70 kg. Při pohybové zátěži určité intenzity vrcholí hromadění LA do deseti minut, bez ohledu zdali je cvičení skončeno nebo trvá déle. 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. Z hladiny kyseliny mléčné (LA) v krvi je možno objektivně určit:

- druh, podíl a zastoupení svalových vláken
- účinnost intenzity prováděné pohybové činnosti ve vztahu ke konkrétní kondiční výbavě vyšetřované osoby
- vynaložené úsilí při testech pohybové výkonnosti

Start anaerobních procesů podle Dovalila (2005) vzniká při intenzitě anaerobního prahu. Významnější vzestup hladiny laktátu byl opakovaně pozorován po dosažení hodnoty 4 – 5 mmol/l, každé další zvýšení intenzity již vede ke značnému zvýšení acidózy vnitřního prostředí. Tato hranice vyjadřovaná příslušnou intenzitou byla definována jako anaerobní práh. V tréninku má pro stimulaci aerobních systémů zásadní význam. Je to intenzita

- která klade vysoké nároky (nikoliv maximální) na spotřebu kyslíku
- acidóza (LA) přitom zůstává v mezích přijatelné tolerance



- cvičení tak lze provádět déle

Stanovení ANP umožňuje laboratorní vyšetření se stupňovaným zatížením a lze využít terénních testů (podle změn tepové frekvence). U netrénovaných jedinců se ANP pohybuje mezi 50 – 70 %  $VO_2max$ , 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.

Koncentrace laktátu v krvi se stala v posledních letech základním parametrem, který se používá k posouzení svalové aktivity. Je to proto, že laktát je jedním z mála parametrů, které je možno přímo využít v reálných podmínkách ke kontrole tělesného zatížení (Bunc, 1989).

Také Pfitzinger a Freedson (1998) podporují odběr laktátu pro kontrolu trénovanosti. Uvádějí, že vyšší korelace je mezi hladinou laktátu na úrovni ANP a vytrvalostním výkonem než mezi  $VO_2max$  a vytrvalostním výkonem.  $VO_2max$  primárně reflektuje změny v centrálním systému transportní kapacity přenosu kyslíku, kdežto hladina laktátu na úrovni ANP reflektuje změny také v periferních svalech vzhledem ke kapacitě pro oxidativní metabolismus.

Přísun kyslíku do svalu za velmi intenzivní fyzické práce je nedostatečným jednak z místních příčin, jednak pro omezenou kapacitu respirace a cirkulace, a proto musí být svalstvo zajišťující tuto aktivitu vybaveno velkou kapacitou anaerobního metabolismu.

Anaerobní glykolytická fosforylace a hlavně pak její poslední reakce přeměna pyruátu (P) v laktát (LA) má vedle energetické funkce i důležitou úlohu v zajištění tkáňových oxidací, neboť je zdrojem oxidované formy NAD (Bunc, 1989).

#### **4.6. Energetický výdej při zatížení**

Energetický výdej za klidových podmínek je výrazně nižší než při pohybové činnosti, kdy organismus podle intenzity a doby trvání této činnosti spotřebovává energii odpovídajícím způsobem. Ke zjišťování energetického výdeje nám slouží několik metod, odlišné svou náročností měření a přesností postupů. Pro orientační hodnoty nám slouží tabulky a nomogramy s uvedenými údaji energetického zatížení při různých sportech za daný čas. Výsledky se však mohou upřesnit pomocí některých fyziologických ukazatelů jako je srdeční frekvence, plicní ventilace s využitím závislosti mezi uvedenými ukazateli a spotřebou kyslíku.

Nomogramy umožňují odhad energetického výdeje buď z výkonu  $W$ , nebo z  $V_{O_2}$ . Oba postupy spojují méně přesné výsledky, jsou však nenáročné na technické vybavení a hodí se především pro rutinní činnost a v terénní praxi (Placheta, 1999).

Energetický výdej lze spočítat ze spotřeby kyslíku tak, že využijeme energetický ekvivalent pro kyslík. Z jednoho litru kyslíku se uvolní energie, odpovídající za klidových podmínek zhruba 20,3 kJ. Přímým měřením spotřeby kyslíku tedy získáme přesnější hodnoty energetického výdeje organismu. Tato využívaná metoda se nazývá nepřímá ergometrie.

Měřením spotřeby kyslíku a analýzou vydechovaných plynů zjišťujeme na základně nadechovaného kyslíku ( $O_2$ ) a vydechovaného kysličníku uhličitého ( $CO_2$ ) poměr obou těchto parametrů (respirační kvocient – RQ) ze kterého lze určit podíl zapojených energetických systémů, jež jsou v organismu využívány při daném stupni zatížení (Kuhn et al. 2005).

*Tabulka č. 3 Respirační kvocient a energetický ekvivalent při spalování různých živin*

	Cukry	Tuky	Bílkoviny
RQ	1,00	0,70	0,81
kJ/l $O_2$	21,1	19,6	18,8

Při spalování glukózy je výdej  $CO_2$  rovný příjmu  $O_2$  RQ je tedy 1. Při samotném spalování tuků nebo bílkovin je více  $O_2$  spotřebováno než  $CO_2$  vydáno, dostaneme uvedené RQ.

K nejpřesnějším měřením energetického výdeje se využívá metoda měření výdeje tepla do vnějšího prostředí pomocí tepelně izolovaných boxů. Tato metoda je však velice náročná na realizaci při sportech.

## **5. Funkční zátěžová diagnostika**

Zátěžová diagnostika se zabývá vyšetřováním fyziologické a patologické reakce a adaptace organismu jako celku i jednotlivých orgánových systémů na různé druhy zatížení.

Pomocí funkční zátěžové diagnostiky je možné stanovit energetický výdej, výkonnost oběhového a dýchacího systému, práci svalových skupin zatěžovaných v testu. Rozdělení

testů zátěžové diagnostiky je založené na přímém či nepřímém měření spotřeby kyslíku a parametrů z nich odvozených. V laboratorních podmínkách tyto testy probíhají většinou na bicyklovém ergometru nebo běhacím koberci s proměnnou rychlostí otáčení a obvykle také změnou sklonu koberce. Zátěž je možno stupňovat do maxima a sledovat tak průběžné hodnoty oběhového, dýchacího systému a stanovit maximální spotřebu kyslíku ( $VO_{2max}$ ). Pro terénní podmínky jsou tyto testy prakticky nepoužitelné, a proto se často přistupuje k jednodušším standardizovaným testům, které jsou schopny hodnotit obecnou kondici či vytrvalost.

Základním dělením, které přichází v úvahu v případě hodnocení trénovanosti při tělesných výkonech cyklického charakteru, je dělení podle stupně zatížení. Testy se dělí na maximální a submaximální (Bunc, 1989).

*a) Maximální zátěžové testy* – při maximálním zátěžovém testu zatěžujeme organismus stupňovaným zatížením, kdy k dosažení maximálního zatížení dochází postupně. Tyto dynamické testy jsou pak přímým stanovením maximální výkonnosti organismu. Závažnou nevýhodou je závislost na motivačních schopnostech vyšetřovaných osob k výkonu.

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

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

Je velmi důležité dodržet metodické postupy zátěžových testů, protože podstatně ovlivňují dosažené výsledky vyšetření. Důležitá je intenzita, trvání a typ tělesné zátěže. Bohužel zatím neexistují jednotné protokoly, a to ani navzdory četným domácím i zahraničním pokusům o jejich standardizaci (Janda, 1996).

## 6. Charakteristika sledovaného souboru

Cílovou skupinou mého výzkumu je soubor 7 skialpinistů a 2 skialpinistek ve stáří 20 – 37 let s dlouhodobými zkušenostmi se skialpinismem. Kromě dvou osob se jedná o sportovce střední výkonnostní úrovně, zbylé dvě osoby se věnují skialpinismu na vrcholové úrovni. Mimo dvou jmenovaných preferují spíše skitouring oproti závodní formě skialpinismu.

Výběr lyžařů probíhal po dohodě s vedoucím diplomové práce, který se vybraným skialpinistům věnuje již delší dobu a sleduje tak dlouhodobě jejich výkonnostní úroveň. Jedná se o záměrný výběr především studentů FTVS, kteří se specializují na skialpinismus přibližně podobné výkonnostní úrovně. Lyžaři se testování zúčastnili dobrovolně a byli předem seznámeni se všemi okolnostmi testování a to především náročností některých testů. Věkově jsme vybraný soubor omezili v rozmezí 20 – 40 let, což všichni testovaní splnili. Podle výpovědí subjektivních pocitů testovaných byli všichni schopni podat maximální výkon a cítili se zdravě, nemohlo tedy dojít ke zhoršení výkonnosti vlivem nějakého oslabení. Žádné dlouhodobé nemoci či úrazy vyžadující dlouhé léčení zaznamenány nebyly, a tak i tento faktor jsme při posuzování výkonnosti podle dosažených hodnot pominuli.

Sledování většího množství osob nebylo možné především z důvodů komplikovaného terénního měření, které vyžadovalo velké množství technických pomůcek, které byly počtem omezeny.

Všichni vytipovaní lyžaři se testování zúčastnit nemohli, buď z finančních důvodů, rodinných nebo zdravotních.

Tabulka č. 4 Antropometrická a fyziologická charakteristika sledovaného souboru

Jméno	Věk	Hmotnost	Výška	Tělesný tuk	ATH	SFmax	VO <sub>2</sub>
	(roky)	(kg)	(cm)	(%)	(kg)	(min <sup>-1</sup> )	(ml.min <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )
Dita	23,6	54,5	159,3	9,1	49,5	197	61,8
Matouš	23,3	78,8	182	6,9	73,4	200	64,7
Jan	22,5	89	191,3	9,1	80,9		
Lukáš	23,7	80,1	180,9	10,2	71,9		
Martin	23,1	77,5	183,7	6,6	72,4		
Lenka	20,8	66,8	172,7	11,0	59,9		
Ivo	22,6	74,1	171,8	9,1	67,4		
Ondřej	22,1	76,3	186,4	7,4	70,7	193	60,4
Slávek	37	75,6	181	11,0	67,3	196	52,4
X	24,3	74,7	178,8	8,9	68,2		
μ	6,7	10,55	10,85	0,95	8,9		

μ – aritmetický průměr hodnot, S – směrodatná odchylka

## 7. Metody práce

### 7.1 Použité přístroje a pomůcky

Tělesná hmotnost byla měřena laboratorní lékařskou váhou a výška těla digitálním laboratorním měřidlem tělesné výšky. Kožní řasy pro zjištění podkožního tuku se měřily pomocí Bestova kaliperu a pro přepočítání kožních řas na procentuální zastoupení tuku v těle byly použity tabulky podle Pařízkové. Srdeční frekvenci jsme měřili pomocí hodinek Polar, typem Polar RS 400 a Polar ANX 500, které nám při terénním měření poskytly i údaje o nadmořské výšce. Přístroje na měření srdeční frekvence od firmy Polar se skládají ze snímače a vysílače ve formě pásku, který se připevňuje 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 tepové 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 firmy Hp cosmos model Saturn.

Teleskopické trekové hole Blizzard TrekKing rozložitelné do 140 cm a vahou 289 g s gumovými chrániči hrotů.

## 7.2. Použité metody měření

### 7.2.1. Antropometrické měření

Aktuální hmotnost byla měřena lékařskou decimální váhou s přesností na desetiny kg. Testovaný soubor dobrovolníků byl při vážení oblečen ve spodním prádle a bez obuvi, aby naměřená váha nebyla zkreslena těmito elementy.

Tělesná výška byla změřena pomocí digitálního laboratorního měřidla firmy Seca s přesností na desetiny centimetru v základním postoji, ve stoji spatném, hlava v orientační poloze. Výška se měřila mezi vertikální vzdáleností podložky k vertexu, tělo bylo dorzální stranou opřeno o zed'.

Metodou kaliperace jsme zjišťovali procento podkožního tuku podle Pařízkové a následný přepočet na ATH (aktivní tělesná hmotnost). K těmto účelům se využívá speciální měřidlo – kaliper, jehož čelisti jsou v okamžiku měření stlačovány stanovenou silou. Standardní měření kožních řas vyžaduje velmi pečlivý zácvik postupu s přesností odečtu 0,5 mm, a proto ho při našem měření prováděla zkušená doktorandka. Palcem a ukazovákem levé ruky se uchopí a vytáhne na stanoveném místě těla kožní řasa. Čelisti měřidla se umístí kolmo asi 1cm od zdvižené řasy, aby byly obě kožní vrstvy k sobě navzájem rovnoběžné. Místa měření musí být definována stejně přesně, jako antropometrické body dané kostrovým podkladem, neboť tloušťka tukové vrstvy může značně kolísat i na poměrně malé ploše (Riegerová 2006).

Kožní řasy se měřily na 10 standardních místech (tvář, podbradek, hrudník 1, paže, záda, břicho, hrudník 2, bok, stehno, lýtko) pomocí Bestova kaliperu. Naměřené hodnoty v mm se zanesly do tabulky a přepočítaly na procenta tělesného tuku. ATH vypočítáme přepočtem naměřených hodnot na celkovou hmotnost tuku v těle a odečteme od celkové hmotnosti. Hmotnost tuku spočítáme tímto způsobem:

Hmotnost tuku (kg) = % tuku x hmotnost těla (kg) : 100.

Havlíčková (2008) uvádí, že při tomto způsobu měření může při výsledku dojít k odchylce mezi 3 – 4 %.

Množství podkožního tuku u nespportujících mužů se pohybuje vesměs kolem 15 % a u žen mezi 20 – 25%. Za ideální sportovní normu jsou považovány hodnoty 5 - 10 % u mužů a 14 – 18 % u žen. Vysoké množství podkožního tuku má negativní vliv v naprosté většině sportů, neboť snižuje pohyblivost i relativní sílu, zhoršuje ekonomiku pohybu a v některých sportech ovlivňuje i odpor prostředí při pohybu zvětšením objemu těla (Grasgruber 2008).

Aktivní tělesná hmota (ATH, angl.lean body mass/LBM) je tělesná hmota bez tuku. Tvoří ji podle Grasgrubera (2008) z cca 60 % svalstvo, z 25 % kosti a vaziva a z 15 % vnitřní orgány. Pro sportovní účely je podstatný hlavně podíl svalstva na celkové hmotnosti těla. Ten se stanovuje různými metodami, jež často docházejí k výsledkům lišícím se o více než 5 %. To je třeba mít na paměti při porovnání dat z různých studií.

Další možností měření, jak měřit množství podkožního tuku a zároveň obsah vody v těle, je bioelektrická impedance. Monitorovací přístroj měří odporovou složku celotělové impedance na frekvenci 50 kHz pomocí čtyř elektrod umístěných po dvou uprostřed dorzálních ploch kotníku a zápěstí. Elektrody jsou odlišné červenou a černou barvou. Černá barva znamená blíže k srdci. Proud prochází vodou elektrolytickými složkami v aktivní, tukoprostorové hmotě. Data se poté pomocí počítače vyhodnotí. (Kohlíková, 2008)

### **7.2.2. Srdeční frekvence**

Nejčastěji a velmi snadno měřená veličina aktivity lidského organismu a vlivu vnějších podmínek na organismus. Nejlépe vypovídá o vlivu aplikovaného tělesného zatížení na organismus. Během zátěžových testů v terénních podmínkách byla srdeční frekvence měřena pomocí sporttestových setů od firmy Polar, které se skládají z vysílače a snímače srdeční frekvence v podobě pásku na hrudník, umístěného ve výšce srdce, hodinek a některé sety mají i krokoměry pro orientační určení překonané vertikální vzdálenosti. Některé přijímače (hodinky) v sobě mají barometr a za určitých okolností je možné poměrně přesně určit nadmořskou výšku, ve které se hodinky nacházejí. Při našem terénním měření jsme měli k dispozici dvojce hodinky s barometrem a mohli jsme tak sledovat subjektivní pocity na danou výšku. Přijímače byly nastaveny na snímání srdeční frekvence v pěti sekundových intervalech. Naměřené hodnoty byly pomocí infraportu a programu Polar přeneseny do počítače a vyhodnoceny. Softwarový program Polar nabízí několik možností jak se změřenou srdeční frekvencí naložit. Nejpoužívanější grafové vyobrazení uběhnutého času a hodnot srdeční frekvence poskytuje náležitý přehled o daném zatížení. Dalšími možnostmi vyobrazení je poměr časů strávených v jednotlivých zónách energetického krytí, míra úsilí a tempo, počet denních záznamů, průměr srdeční frekvence v čase z dlouhodobého hlediska a konečně čas. Tyto hodnoty je možno u vybraných modelů porovnat s nadmořskou výškou překonanou vzdáleností. Veškeré údaje je pak možné zobrazit v tabulce.

### 7.2.3. Ventilační parametry

V této kapitole uvedu jen vybrané parametry, které mají vztah k zátěžovému vyšetření dechových funkcí, které proběhlo. Nebudu se tedy zabývat ani jednoduchými, všeobecně známými hodnotami klidových vyšetření, ani parametry složitými, které přísluší vysoce specializovaným pneumologickým pracovištím.

V první řadě je potřeba zmínit korelační faktory pro přepočet objemových hodnot, které umožňují srovnání výsledků v různých podmínkách prostředí.

Objemové ventilační hodnoty, měřené v prostředí s aktuálními podmínkami teploty, tlaku a nasycené vodními parami, doplňujeme symbolem ATPS (ambient temperature, pressure, saturated). Objemy měřené za různých podmínek by nebyly vzájemně srovnatelné, a proto je standardizujeme přepočtem na BTPS (body temperature, atmospheric pressure, water saturated), tj. pro teplotu těla  $37^{\circ}\text{C}$ , okolní atmosférický tlak vzduchu a jeho nasycení vodními parami při teplotě  $37^{\circ}\text{C}$  (Placheta, 1999).

Faktor BTPS měl při našem laboratorním měření hodnotu 1,073.

Úkolem respirace v živém organismu je výměna  $\text{O}_2$  a  $\text{CO}_2$  mezi zevním a vnitřním prostředím organismu. Při fyzickém zatížení dochází ke zvýšení minutové plicní ventilace, která je v pásmu submaximálních intenzit úměrná intenzitě zatížení (Bunc, 1989).

Pro objasnění ventilačních zákonitostí je potřeba se zmínit o hlavních parametrech výměny plynů, které mají vztah k určení kapacity transportního systému.

*Vitální kapacita plic (VC)* je tvořena součtem dechového objemu, inspiračního (nadechovaného) a expiračního (vydechovaného) rezervního objemu plicního. Je ukazatelem statickým, jednorázovým  $V_{T\text{max}}$  měřeným v klidových podmínkách. Při mírné intenzitě zatížení se díky zapracování dýchacích svalů (rozdýchání) může VC oproti klidové hodnotě zvýšit. Po středně intenzivní práci se prakticky nemění, ale po dlouhodobé vyčerpávající práci, při které dochází k únavě dýchacích svalů, může klesnout dokonce až na 60% výchozích hodnot (Havlíčková 2008).

Pro laboratorní měření se doporučuje VC měřit v ranních hodinách bez výrazné předchozí zátěže. Hodnoty vitální kapacity plic mohou dosahovat až 8 litrů, záleží na sportovní disciplíně a stupni trénovanosti jedince.



*Dechový objem ( $V_t$ )* je množství vzduchu, které se jedním nádechem dostává do plic a se stoupající intenzitou vzrůstá, je však do značné míry závislý na dechové frekvenci. Při klidových stavech činí 0,5 – 0,7 l, při těžké práci se pohybuje v rozmezí 2,0 – 3,0 l. Častěji bývá spíše vyjadřován svým podílem na vitální kapacitě (%VC), což při intenzivním výkonu u trénovaných jedinců může představovat hodnoty až 70% VC.

*Minutová ventilace ( $V$ )* je výslednicí hloubky a počtu dechů ( $V = V_T \times DF$ ) a je především závislá na intenzitě konané práce. V klidu se pohybuje kolem 7 - 8 l a při výkonu stoupá až na 80 – 100l. Minutová ventilace se přizpůsobuje jak potřebám zvýšeného přísunu kyslíku, tak především zvýšené koncentraci  $CO_2$  a jeho potřebě vyloučení z organismu. Při stupňovaném zatížení stoupá minutová ventilace lineárně, ale u vyšších intenzit pozorujeme tzv. hyperventilaci, což značí vyšší ventilaci, než je potřeba. Začátek hyperventilace označujeme jako anaerobní práh, ten se pohybuje kolem intenzity zatížení 50 -60%  $VO_{2max}$ .

*Ventilační ekvivalent kyslíku ( $VE_{O_2}$ )* se vypočítá z podílu minutové ventilace a minutové spotřeby kyslíku. Je to množství vzduchu potřebného pro spotřebu 1 l  $O_2$ . Havlíčková (2008) uvádí, že u maximálního zatížení činí ventilační ekvivalent kyslíku 28 litrů u mužů ve věku 25 let a 33 l vzduchu na 1 l  $O_2$  u žen. Čím je jeho hodnota nižší, tím je stupeň využití kyslíku vyšší.

*Výdej oxidu uhličitého ( $V_{CO_2}$ )* představuje množství oxidu uhličitého vydaného z plic do vnějšího prostředí za časový interval. Je důležitým ukazatelem při posuzování reakce a adaptace na tělesnou zátěž. Často se využívá k zjištění anaerobního prahu neinvazivní metodou pro stanovení hodnot RQ (respirační kvocient).

*Příjem kyslíku ( $O_2$ )* značí množství vstřebeného kyslíku z vdechnutého atmosférického vzduchu za časový interval, zpravidla 1 min. Pomocí toho ekvivalentu zajistíme potřebnou validitu a reprodukovatelnost měření (testu).

*Maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2max}$ )* je jedním z nejcennějších ukazatelů vytrvalostních schopností. Lze ji nejlépe změřit pomocí bicyklové nebo běhátkové ergometrie, vyjadřuje maximální aerobní množství z přijatého kyslíku, které je organismus schopen zpracovat při svalové práci. Vyjadřujeme ji v hodnotách  $VO_{2max.kg}$  ( $ml \cdot min^{-1}$ ). Populační hodnoty se pohybují kolem 35 ml/kg/min u žen a 45 ml/kg/min u mužů. U sportovců se specializovaným

tréninkem na dlouhodobou vytrvalost, tedy aerobního zaměření, (skialpinisté, lyžaři běžci, triatlonisté, cyklisté) mohou dosahovat maximálních hodnot spotřeby kyslíku až 80 ml/kg/min i více. Větší množství spotřebovaného kyslíku ve svalech znamená více energie vytvářené efektivním aerobním způsobem, méně odpadních látek a tím i vyšší výkon a oddálení únavy. Hlavním limitujícím činitelem  $VO_{2max}$  je výkon srdce a schopnost krevního oběhu transportovat kyslík.

*Respirační kvocient (RQ)* a poměr respirační výměny  $V_{CO_2}/V_{O_2}$  je vyjádřením okamžitých ventilačních vztahů  $CO_2$  a  $O_2$ . Zatímco v klidu zůstává tento vztah konstantní, při stupňované fyzické zátěži se mění. Při nižších intenzitách zátěže lehce klesá, po překročení úrovně ANP jeho hodnota s nastupující metabolickou acidózou prudce stoupá. Označení vztahu  $V_{CO_2}/O_2$  symboly je dosud nejednotné a v praxi, někdy i v odborném písemnictví, bývá nevhodně používáno. Podle současných názorů je vhodné používat dvojího označení s rozdílnou podstatou významem (Brooks, 1984).

Poměr respirační výměny R (respiratory exchange ratio) platí pro výměnu plynů v plicích.  $R = RQ$  platí pouze v rovnovážném vztahu. Je to správné označení pro dynamiku změn výměny  $V_{CO_2}/V_{O_2}$  při stupňovaném fyzickém zatížení do maxima. Překračuje hodnotu 1,0 při dosažení maxima a dále se zvyšuje při fázi zotavení. Má význam jako kritérium dosažení maximální metabolické úrovně, hodnota pro určení energetických ekvivalentů, jako jeden z parametrů pro neinvazivní určení anaerobního prahu ANP (Janda, 1996).

#### **7.2.4. Anaerobní práh**

Tento pojem můžeme definovat několika způsoby, jako nejpřesnější se jeví tyto 2 způsoby:

- maximální intenzita konstantního zatížení, při které dochází k rovnováze tvorby a utilizace laktátu
- intenzita maximálně dosažitelného rovnovážného stavu předělu mezi oxidativním a neoxidativním krytím energetických potřeb

Hodnoty ANP je možné určit buď neinvazivně z ventilačně-respiračních hodnot (ventilační práh), nebo invazivně z hodnot krevního laktátu (LA). Existuje i třetí méně používaná metoda neinvazivního zjištění ANP a sice zjištění ze zlomu při stupňované srdeční frekvenci (princip Conconiho testu). Tato metoda je však méně přesná, může být ovlivněna mnoha faktory, a proto se také často nevyužívá.

Pro invazivní stanovení ANP je třeba test přerušovat. Vzhledem k tomu, že měříme parametry v krvi, a ne ve svalu, kde ke změnám došlo, musíme počítat s určitým zpožděním při přechodu LA ze svalu do krve. Proto se preferují neinvazivní metody stanovení ANP při zachování zhruba stejné přesnosti jejich stanovení (Bunc, 1989).

### 7.2.5. Výpočet pracovního metabolismu

Výpočet pracovního metabolismu z hodnot srdeční frekvence, resp.  $VO_2$  metodou Bartůňkové (1996).

Hodnota srdeční frekvence (SF) je při submaximálním zatížení v setrvalém stavu přímo úměrná nejen intenzitě tohoto zatížení, ale i spotřebě kyslíku ( $VO_2$ ). Těchto závislostí můžeme využít k výpočtu energetického výdeje za předpokladu, že hodnoty SF nejsou příliš ovlivněny faktory psychickými, farmakologickými nebo v terénních podmínkách i vlivy prostředí apod. Pro získání přesnějších výsledků je nutné nejprve každou osobu vyšetřit v laboratoři při stupňovaném zatížení, a získat tak konkrétní individuální závislost hodnot SF a  $VO_2$ . Pomocí tzv. energetického ekvivalentu pro kyslík (není vždy stejný a mění se podle toho, které živiny jsou metabolizovány, resp. podle intenzity zatížení) pak vypočítáme hodnoty energetického výdeje podle vzorce:

$$PM (kJ) = VO_2 (l) \cdot EE_{O_2} \cdot t (min)$$

PM	=	pracovní metabolismus
$VO_2$	=	spotřeba kyslíku
$EE_{O_2}$	=	energetický ekvivalent kyslíku
t	=	čas

Specifika našeho výpočtu vyžadovaly hodnoty  $VO_2$  vypočítat z naměřených hodnot  $O_2$  a  $CO_2$ . Tyto hodnoty se vypočítají ze vzorce:

$$VO_2 = (\%O_2/100) \cdot V (l) \cdot f_{STPD}$$

- $VO_2$  = spotřeba kyslíku  
 $O_2$  = % spotřebovaného kyslíku  
 $V$  = ventilace  
 $f_{STPD}$  = standardizovaný přepočet

Pro výpočet celkového energetického výdeje za vykonanou pohybovou činnost použijeme součet kJ, vypočítaných jak z pracovních, tak i zotavovacích hodnot  $VO_2$ . Podíl aerobně vydané energie se vypočítá z jednotlivých minutových spotřeb kyslíku při práci. Anaerobní podíl představuje energii získanou z hodnot kyslíkového dluhu, tedy z nadspotřeby kyslíku v průběhu zotavení (tzn. od každé minutové spotřeby kyslíku se odečítá v každé minutě zotavení hodnota klidová).

$$EVc = EVp + EVz$$

- $EVc$  = celkový energetický výdej  
 $EVp$  = energetický výdej při práci  
 $EVz$  = energetický výdej v zotavení

Tabulka č. 5 Respirační kvocient a energetický ekvivalent kyslíku v závislosti na způsobu čerpání energie (Bartůňková, 1996).

R	EEo <sub>2</sub> [kJ]	Energie uvolněná	
		z tuků [%]	ze sacharidů [%]
0,71	19,6	100	0
0,75	19,8	85	15
0,80	20,1	68	32
0,90	20,6	34	66
0,95	20,9	17	83
1,00	21,1	0	100

Tabulku č. 6 Hodnoty energetického ekvivalentu kyslíku v závislosti na zatížení.

Srdeční frekvence	EE <sub>O<sub>2</sub></sub>
<110	20,1
110 - 140	20,3
140 - 170	20,5
>170	20,9

S naměřenými údaji jsem pracoval v programu Microsoft Excel pro jeho snadné použití výpočtů, funkcí a vzorců. Do toho programu je také snadné vkládat naměřené hodnoty z programu Polar. Hodnoty z laboratorního vyšetření na pásovém ergometru byly porovnány s naměřenými hodnotami při terénním měření a k srdeční frekvenci přiřazeny jednotlivé energetické výdeje.

## **8. Provedené testy – popis procedury**

### **8.1. Terénní měření**

Terénní měření probíhalo na sjezdových tratích v Jánských lázních. Tuto lokalitu jsme si vybrali z důvodů dobrého technického zázemí a velkých možností ve výběru potřebné variability profilů terénu pro měření průběhu tepové frekvence na různých sklonech svahu.

Přednosti této lokality jsou také v menší návštěvnosti lyžařského střediska, která nám na sjezdových tratích zaručila bezproblémový průběh měření.

Měření probíhalo v ranních hodinách, dobrovolníci byli vyzváni, aby se 48 hodin před měřením nevystavovali velkému tělesnému zatížení, konzumaci alkoholu či jiných omamných látek. Testovaní byli zároveň požádáni, aby se min 2 hodiny před začátkem testování vyhnuli konzumaci potravin, zejména pak jídel, které jsou těžce stravitelné a mohly by ovlivnit metabolismus. Všichni zúčastnění potvrdili, že v poslední době neprodělali žádnou vážnější nemoc či úraz a mohli tak absolvovat testování v plném rozsahu a bez omezení.

Při měření byla přibližná teplota vzduchu 3°C, sněhu 0°C, vlhkost vzduchu 48%, sníh byl poměrně čerstvý, nezrnitý. Každý dobrovolník měl svoje vlastní skialpinistické vybavení, které mu vyhovovalo. Oblečení o jedné nebo dvou vrstvách, aby bylo zajištěno dostatečného odvodu tepla při zátěži. Testování probíhalo bez jakékoliv zbytečné zátěže jako batohů,

camelbacků atd.. Pro objektivnost měření byly na všech lyžích použity pásy z mohérového materiálu, vybavení nastaveno podle potřeb testovaných.

Před zahájením vlastního měření bylo dostatek času na rozcvičení a zahřátí organismu. Po rozcvičení a zahřátí všichni absolvovali první zkušební úsek, aby byli všichni srozuměni se způsobem testování a také z důvodu otestování funkčnosti sporttestrů Polar. Celkem bylo provedeno měření při třech sklonech svahu 5°, 15°, 24°, což jsme zjistili pomocí navigačního přístroje GPS firmy Garmin, typ eTrex Venture Cx.. Profil měřeného úseku byl vybrán tak, aby měl co nejmenší odchylky od požadovaného sklonu, tato odchylka se pohybovala v rozmezí + - 2°. Při jednotlivých sklonech bylo měření provedeno dvakrát. Celkem jsme tedy provedli 6 měření. Rychlost chůze na skialpinistických lyžích byla stanovena na 6 km/h, což nám rovněž zajišťoval přístroj GPS. Vedoucí měření stanovil tempo a ostatní ho v řadě následovali. Po každém měření byl stanoven odpočinek takového rozsahu, aby všem zúčastněným klesla srdeční frekvence pod 100t/min, aby tak bylo v dostatečné míře zajištěno zklidnění organismu.

## **8.2. Laboratorní měření**

Laboratorní měření sledovaného souboru dobrovolníků probíhalo v laboratoři sportovní motoriky na FTVS UK po konzultacích s Doc. Hellerem a Ing. Vodičkou, který po technické stránce zajistil hladký průběh vyšetření. Měření probíhalo pod vedením Mgr. Čabou, Balášem PhD. a Mgr. Vomáčkem. Všechny používané pomůcky pocházely z FTVS UK.

Laboratorním zátěžovým testem na pásovém ergometru jsme se snažili co nejvíce přizpůsobit pohybové vzorce lokomoci na lyžích. Pásový ergometr typu SATURN od firmy HP cosmos nám svojí dostatečnou šířkou umožňoval při chůzi používat lyžařské hole s gumovými hroty, které nepoškozovali běhací pás, což nám umožnilo se co nejvíce přizpůsobit charakteru pohybu na skialpinistických lyžích. Po dostatečném rozcvičení byl každý dobrovolník jednotlivě přizván k testu. Test začínal měřením klidových kardiorespiračních parametrů a poté následovalo počáteční zatížení. Celková doba zátěže byla 13 minut. Test začínal při sklonu pásu 0° a po každé minutě se sklon zvětšil o 2° až do úhlu 24° při kterém test končil. Rychlost chůze jsme po důkladném zvažování stanovili na 6 km/h, abychom byli schopni dosáhnout požadovaného zatížení. Vlastní zatížení je vesměs realizováno ve frekvenčně nezávislém režimu. Testovaní byli požádáni prováděnou lokomoci subjektivně přizpůsobit individuálním charakteristikám své chůzi na skialpinistických lyžích.

## 9. Výsledky

Tabulka č. 7 Hodnoty naměřené při sklonu svahu 5°

Jméno	T	SF <sub>1</sub>	SF <sub>2</sub>	EV
	(min:s)	(min <sup>-1</sup> )	(min <sup>-1</sup> )	(kJ.kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )
Matouš	1:00	137	143	0,94
Slávek	1:00	159	163	0,77
Ondřej	1:00	144	146	0,81
Dita	1:00	164	166	0,79
Martin	1:00	160	169	0,98
Lukáš	1:00	147	151	0,83
Ivo	1:00	166	168	0,94
Jan	1:00	170	172	0,88
Lenka	1:00	174	177	0,84
μ		157,9	161,7	0,86
S		18,5	17	0,05

T – čas měření po 1:30 zátěže, SF<sub>1</sub> - průměrná srdeční frekvence, SF<sub>2</sub> - maximální hodnota srdeční frekvence, EV – energetický výdej, μ – aritmetický průměr hodnot, S – směrodatná odchylka

Tabulka č. 8 naměřené při sklonu svahu 15°

Jméno	T	SF <sub>1</sub>	SF <sub>2</sub>	EV
	(min:s)	(min <sup>-1</sup> )	(min <sup>-1</sup> )	(kJ.kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )
Matouš	1:00	152	153	1,00
Slávek	1:00	171	173	0,93
Ondřej	1:00	158	162	0,97
Dita	1:00	174	175	0,84
Martin	1:00	180	181	1,17
Lukáš	1:00	170	172	1,04
Ivo	1:00	183	184	1,12
Jan	1:00	181	185	1,04
Lenka	1:00	186	188	1,1
μ		172,8	174,8	1,0
S		17	17,5	0,05

T – čas měření po 1:30 zátěže, SF<sub>1</sub> - průměrná srdeční frekvence, SF<sub>2</sub> - maximální hodnota srdeční frekvence, EV – energetický výdej, μ – aritmetický průměr hodnot, S – směrodatná odchylka

Tabulka č. 9 Hodnoty naměřené při sklonu svahu 24°

Jméno	T	SF <sub>1</sub>	SF <sub>2</sub>	EV
	(min:s)	(min <sup>-1</sup> )	(min <sup>-1</sup> )	(kJ.kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )
Matouš	1:00	179	180	1,20
Slávek	1:00	185	187	1,09
Ondřej	1:00	179	181	1,17
Dita	1:00	182	183	1,04
Martin	1:00	180	181	1,17
Lukáš	1:00	182	183	1,16
Ivo	1:00	185	186	1,12
Jan	1:00	190	194	1,13
Lenka	1:00	193	193	1,15
X		183,9	185,3	1,1
μ		7	6,5	0,03

T – čas měření po 1:30 zátěže, SF<sub>1</sub> - průměrná srdeční frekvence, SF<sub>2</sub> - maximální hodnota srdeční frekvence, EV – energetický výdej, μ – aritmetický průměr hodnot, S – směrodatná odchylka

Tabulka č. 10 Vzestup energetického výdeje v %

Jméno	Sklon 5°	Sklon 15°	Vzestup ze sklonu 5°	Sklon 24°	Vzestup ze sklonu 15°
	EV	EV	%	EV	%
Matouš	0,94	1,00	6,38	1,20	20,00
Slávek	0,77	0,93	20,78	1,09	17,20
Ondřej	0,81	0,97	19,75	1,17	20,62
Dita	0,79	0,84	6,33	1,04	23,81
Martin	0,98	1,17	19,39	1,17	0,00
Lukáš	0,83	1,04	25,30	1,16	11,54
Ivo	0,94	1,12	19,15	1,12	0,00
Jan	0,88	1,04	18,18	1,13	8,65
Lenka	0,84	1,1	30,95	1,15	4,55
X	0,86	1,02	18,47	1,14	11,82
S	0,05	0,05	12,28	0,03	7,73

EV – energetický výdej, μ – aritmetický průměr hodnot, S – směrodatná odchylka, % - přírůst energetického výdeje



Naměřené výsledky potvrdily naše předpoklady o několikanásobném vzrůstu energetického výdeje při sklonu 24° v porovnání s prvním měřením, které probíhalo téměř na rovině (5°).

Srovnáme-li naměřené výsledky s vědeckou otázkou č. 2, můžeme konstatovat, že v našich podmínkách měření stoupal energetický výdej při stoupajícím sklonu svahu a zachováním konstantní rychlosti.

Tabulka č. 11 Záznam 5 minutových intervalů srdeční frekvence při výstupu.

Slávek 3.3.2008 Werfener Hütte							
T	SF					X	EV
0:15	163	164	165	174	173		
0:30	163	168	165	173	169		
0:45	162	167	167	174	168		
1:00	163	166	169	173	171		
1:15	163	167	169	172	173		
1:30	162	170	167	174	173		
1:45	163	171	166	175	174		
2:00	163	172	166	171	173		
2:15	163	172	167	172	174		
2:30	163	171	167	172	173		
2:45	164	172	167	174	172		
3:00	164	172	167	175	173		
3:15	163	172	167	173	174		
3:30	164	172	169	173	171		
3:45	164	172	171	174	173		
4:00	165	173	171	173	173		
4:15	166	173	171	171	176		
4:30	166	173	171	166	173		
4:45	167	174	168	165	171		
5:00	168	175	158	167	171		
μ	164,0	170,8	167,4	172,1	172,4	169,3	0,87
S	2,5	5,5	3,5	3,5	1		

T – čas měření při stoupání, SF - průměrná srdeční frekvence (SF/min<sup>-1</sup>), EV – energetický výdej (kJ.kg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup>), μ – aritmetický průměr hodnot, S – směrodatná odchylka

Tabulka č. 12 Záznam 5 minutových intervalů srdeční frekvence při výstupu.

Matouš 3.3.2008 Werfener Hütte							
T	SF					X	EV
0:15	164	167	165	174	173		
0:30	164	166	165	171	169		
0:45	163	167	167	174	168		
1:00	164	170	169	174	171		
1:15	164	171	169	172	173		
1:30	165	172	168	173	174		
1:45	166	172	167	172	173		
2:00	167	172	166	173	174		
2:15	165	172	166	172	173		
2:30	165	172	167	174	172		
2:45	165	173	167	173	173		
3:00	164	173	167	172	172		
3:15	166	173	167	174	173		
3:30	166	173	167	175	174		
3:45	167	174	169	171	171		
4:00	163	175	171	172	173		
4:15	166	175	171	172	173		
4:30	167	176	171	174	176		
4:45	168	175	171	175	173		
5:00	167	170	168	173	171		
$\mu$	165,3	171,9	167,9	173,0	172,4	170,1	0,97
S	1,5	1,5	1,5	0,5	1		

T – čas měření při stoupaní, SF - průměrná srdeční frekvence (SF/min<sup>-1</sup>), EV – energetický výdej (kJ.kg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup>),  $\mu$  – aritmetický průměr hodnot, S – směrodatná odchylka

Tato túra se konala 3. 3. 2008 v pohoří Rakouských Alp v oblasti Tennengebirge. Výchozí bod túry byl nad vesnicí Werfenweng z nadmořské výšky cca 1000 m. n. m. a cílem túry byla horská chata Werfener hütte ve výšce 1969 m. n. m. Výškový rozdíl byl tedy necelých 1000 m. Tuto výšku jsme zdolali za cca 2 hodiny a 30 minut. Celkový čas strávený na túře byl 5 hodin a 30 minut. Průběh srdeční frekvence, čas a nadmořská výška jsou graficky znázorněny v příloze, Graf č. 4 a 5. Celá túra byla pojata nezávodivým, turistickým tempem a tomu také odpovídají naměřené hodnoty.

## 10. Diskuse

Výzkum byl motivován především tím, že ve vědě zabývající se energetickou náročností resp. energetickým výdejem skialpinismu zatím v České republice nebyly provedeny žádné publikované studie. Myšlenka změření energetického výdeje vznikla před 2 lety. První měření jsme prováděli již v březnu 2008 v Rakouských Alpách, ze kterých uvádím energetický výdej při výstupech do kopce z túry na skialpinistických lyžích. V našich podmínkách se nabízely dvě možnosti, jak dosáhnout přesného změření energetického výdeje. První variantou bylo vypůjčení přenosného analyzátoru plynů, který umožňuje objektivnější získání měřených dat jejich přímým odečítáním v průběhu vlastního výkonu. Tato metoda je však velice špatně realizovatelná při celodenních túrách a při specifickém měření průběhu energetického výdeje při zvětšujícím se sklonu svahu by tato metoda byla velice zdlouhavá. Uchýlili jsme se k druhé variantě změření energetického výdeje pomocí srdeční frekvence v porovnání s naměřenými údaji z laboratorního vyšetření.

Tento způsob měření se podle některých studií jeví jako nedostatečný vzhledem k neúměrnému růstu srdeční frekvence v porovnání se spotřebou  $VO_2$  po dosažení ANP.

Srdeční frekvence stoupá rychleji než  $VO_2$  vzhledem k maximálním individuálním hodnotám. Tento lineární vztah  $VO_2$  a srdeční frekvence, lze uplatnit pouze u aerobních činností cyklického charakteru (běh, cyklistika, skialpinismus).

Přesto jsme se rozhodli v našem měření závislosti srdeční frekvence a spotřeby kyslíku využít, protože se v našich podmínkách jevil jako jediný realizovatelný způsob měření. Jedná se o první výzkum tohoto druhu v České republice a případné další studie by na něj mohly navázat a měření zdokonalit.

Je potřeba uvést několik faktorů, které mohly terénní měření ovlivnit. Přestože všichni zúčastnění dobrovolníci terénního měření měli vlastní vybavení, které jim vyhovovalo, tak všichni neměli stejné podmínky k měření. Například váha vybavení se mnohdy liší o několik desítek dkg a proto je individuální zátěž rozdílná. Použité stoupací pásy nemusejí mít na všech lyžích stejné vlastnosti a lokomoce se tak stává snazší nebo obtížnější. Nicméně pro naše podmínky tyto faktory nemají velký vliv na měřené údaje, a proto je můžeme opomenout. Důležitějším faktorem ovlivnění výsledků bylo nepříliš vhodné zvolení rychlosti při výstupu. Pro laboratorní podmínky se rychlost 6 km/h jevila jako ideální pro získání celého průběhu

srdeční frekvence při zatížení, avšak při chůzi na skialpinistických lyžích po sněhu je tato rychlost poměrně velká a je spíše podobná tempu při závodech. Při maximálním sklonu svahu ve kterém je možné stoupat na lyžích přímo by tato rychlost byla z dlouhodobého hlediska neudržitelná. Pro naše potřeby měření nastavená rychlost splňovala svojí úlohu. Jednotlivé testy na sklonech svahu byly vždy do 5 min zátěže a proto i při sklonu 24° udržení tempa nedělalo problém.

Předpokládali jsme, že se energetický výdej bude zvyšovat se vzrůstajícím sklonem svahu. Naměřené hodnoty ukázaly, že tomu tak skutečně je až na dvě výjimky, u kterých jsme nebyli schopni přiřadit naměřené hodnoty vzhledem k nedostatečnému zatížení na pásovém ergometru.

Zvýšenou pozornost věnuji také dvěma testovaným, Dítě a Slávkovi, u kterých byly naměřené hodnoty energetického výdeje znatelně nižší než u ostatních testovaných. U Dity je to pravděpodobně způsobeno její velkou fyzickou kondicí a specializací na tento sport, kterému se věnuje na vrcholové úrovni. Menší energetický výdej může být způsoben také perfektně provedenou technikou pohybu na skialpinistických lyžích a tím ušetřením zbytečných pohybů, kterým se mohou lyžaři na střední úrovni dopouštět. Pokud srovnáme naměřené hodnoty s druhou testovanou ženou, Lenkou, která nedosahuje takových výkonnostních ukazatelů, tak jsou tyto rozdíly velice výrazné. Hodnoty naměřené u Slávka jsou nižší pravděpodobně z podobných důvodů jako u Dity. Skialpinismu se věnuje nejdéle ze všech testovaných a jeho zkušenosti tak mohou mít vliv na bezchybné provádění pohybů a tím zmenšení energetického výdeje.

Pokud porovnáme mé naměřené hodnoty při skialpinistické túře naměřenými hodnotami energetického výdeje při testování v Jánských lázních dostáváme se mezi hodnoty, které odpovídají sklonu svahu mezi 5° a 15° při konstantní rychlosti 6 km/h. Tyto hodnoty mohou být ovlivněny poměrně velkou rychlostí, kterou jsme zvolili při testování. Je také potřeba přihlídnout na poměrně velké rozdílnosti v porovnání podmínek při testování a skialpinistické túře. Při túře sebou skialpinista nese batoh o několika kg, neprochází ideálně upravenou stoupou, boří se mu hole, a pokud jde první, tak i lyže do sněhu, což jsme mohli při testování v Jánských lázních zcela opomenout.

Při porovnání energetického výdeje s podobným sportem se nám jako nevhodnější jevil běh na lyžích. Vzhledem k délce tratí se řadí mezi výkony střední intenzity energetického metabolismu. Protože jsou při běhu současně činné jak svaly dolních, tak i horních končetin a trupu, nacházíme při lyžařském běhu jedny z nejvyšších hodnot energetického výdeje. Energetický výdej odpovídá rychlosti běhu a ta je nepřímo úměrná závodní trati. Heller (1993) uvádí, že v běhu na lyžích při konstantní rychlosti 6 km/h je energetický výdej  $0,67 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Tento vztah je však přirovnán k běžecké trati oproti našemu výzkumu, který se zaměřuje na pohyb především do svahu. Pokud vezmeme v úvahu rychlost lyžařského běhu 14 km/h tak se energetický výdej posune až na hodnoty okolo  $1,4 \text{ kJ} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , kterých jsme nedosáhly ani při sklonu svahu  $24^\circ$  a konstantní rychlosti 6 km/h.

## 11. Závěr

Snahou naší práce bylo zjistit závislost velikosti energetického výdeje na sklonu svahu při chůzi na skialpinistických lyžích. Náš předpoklad, že s větším sklonem svahu poroste energetický výdej, se potvrdil s dvěma výjimkami. Při zkoumání vlivu sklonu svahu na srdeční frekvenci při chůzi na skialpinistických lyžích se potvrdila hypotéza několikanásobného zvětšení energetického výdeje oproti chůzi po rovině.

Při sklonu svahu 15° bylo v průměru dosaženo o 18,5% většího energetického výdeje než při sklonu 5°. U sklonu 24° jsme dosáhli v průměru o 11,8% většího energetického výdeje. Zmiňované dvě výjimky byly zapříčiněny nedostatečnou zátěží pro dva dobrovolníky na pásovém ergometru, u kterých byla naměřená hodnota při sklonu 15° již jako maximální hodnota, které jsme dosáhli na pásovém ergometru, což bylo pravděpodobně zapříčiněno příliš velkou rychlostí, kterou jsme zvolili.

Na závěr je nutno uvést, že ať jsou sledovány jakékoliv veličiny mající vliv na výkonnost ve skialpinismu, nelze je chápat jako jediné a směrodatné. Měly by být vždy zohledněny s ostatními parametry. Zdůrazňování jedné veličiny by mělo být v souladu s parametry, které je ovlivňují.

Skialpinismus vyžaduje poměrně velké nároky na funkční kapacitu organismu a nemalé množství vydané energie jak při skialpinistických túrách tak i závodech. Naměřené hodnoty dokazují, že pro tento sport je důležitá fyzická kondice, bez které se tento sport dá jen stěží provozovat.

Tato práce by se mohla stát dobrým vodítkem pro další výzkumy, které se budou zabývat energetickým výdejem při skialpinismu. Rozšířením výzkumu na faktory ovlivňující energetickou náročnost tohoto sportu by se mohlo docílit lepších výsledků při skialpinistických závodech a posunutím hranic vrcholových výkonů zase o něco dále.

## 12. Přehled obrázků, grafů a tabulek

Obr. 1. Model základního kroku při přímém výstupu svahem	19
Tabulka č 1 Orientační hodnoty $VO_2$ max	31
Tabulka č 2 Odhad vlivu přepravované zátěže jeho fyzický výkon	31
Tabulka č. 3 Respirační kvocient a energetický ekvivalent při spalování různých živin	34
Tabulka č. 4 Antropometrická a fyziologická charakteristika sledovaného souboru	37
Tabulka č. 5 RQ a energetický ekvivalent kyslíku v závislosti na způsobu čerpání e.	44
Tabulku č. 6 Hodnoty energetického ekvivalentu kyslíku v závislosti na zatížení	45
Tabulka č. 7 Hodnoty naměřené při sklonu svahu $5^\circ$	47
Tabulka č. 8 Hodnoty naměřené při sklonu svahu $15^\circ$	47
Tabulka č. 9 Vzestup energetického výdeje v %	48
Tabulka č. 10 Hodnoty naměřené při sklonu svahu $24^\circ$	48
Tabulka č. 11 Záznam 5 minutových intervalů srdeční frekvence při výstupu	49
Tabulka č. 12 Záznam 5 minutových intervalů srdeční frekvence při výstupu	50
Tabulka 13 Část protokolu z laboratorního vyšetření	62
Graf č. 1 Profil požadavků při skialpinismu	23
Graf 2 Ukázka záznamu průběhu SF při sklonu svahu $15^\circ$	59
Graf 3 Rozložení SF v % při sklonu svahu $15^\circ$	60
Graf 4 Záznam SF a nadmořské výšky při túře na skialpinistických lyžích	61
Graf 5 Rozložení SF v % v průběhu skialpinistické túry	63

### 13. Použité zdroje:

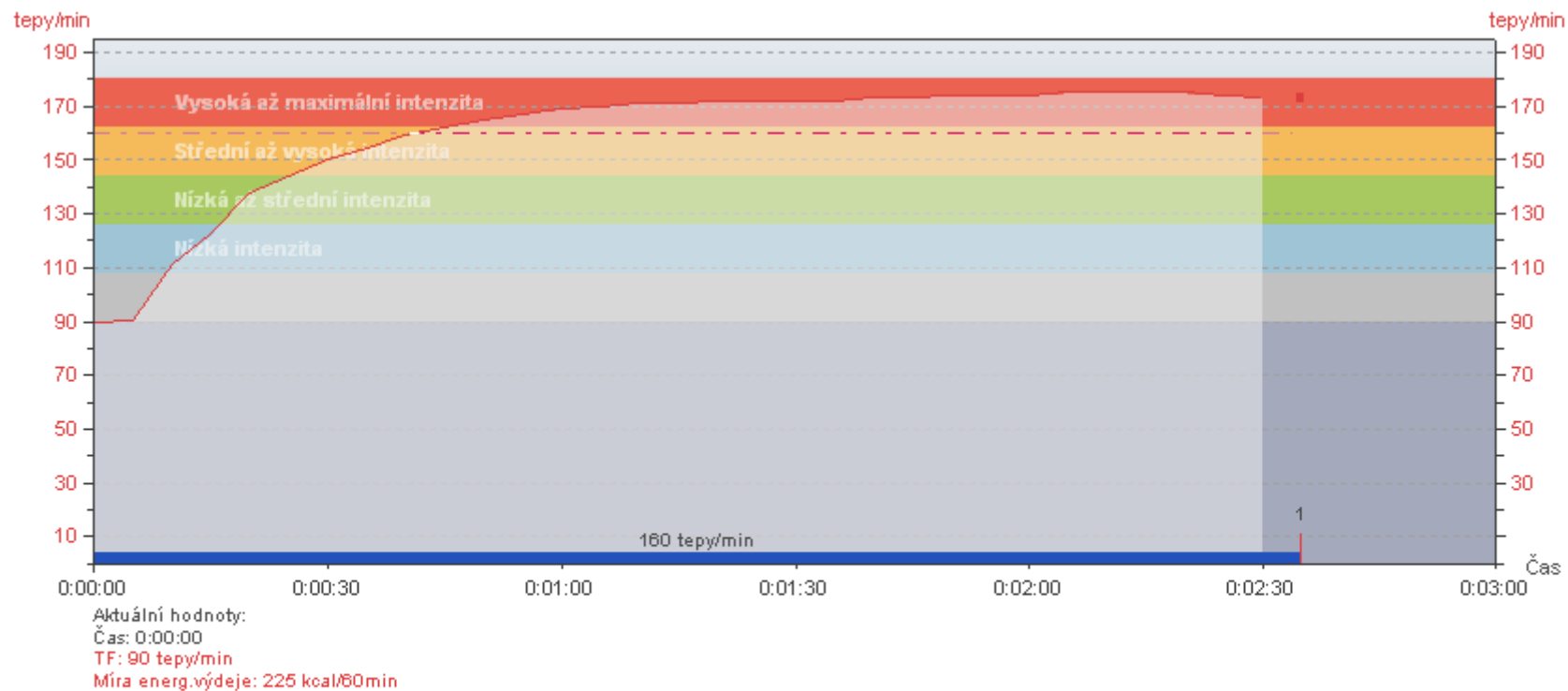
- BRTNÍK, J. , NEUMAN. J. *Zimní hry na sněhu i bez něj*. Praha: Portál, 2003, 275 s. , 2. vyd. ISBN 80-7178-762-0
- BULIČKA, M. *Info@hudy: Základy skialpinismu II*, Bynovec: Hudysport a.s. , Leden 2009, 104 s. , 2. vyd.
- BUNC, V. *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*, 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
- BROOKS, G. *Anaerobic treshold. Rewiv of the koncept*, Med. Sci. Sport Exerc. , 17, 1984, s. 22 – 32.
- 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. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2005, 366 s. , 2. vyd. ISBN 80-7033-928-4
- DYLEVSKÝ, I. , DRUGA, R. , MRÁZKOVÁ, O. *Funkční anatomie člověka*, Praha: Grada, 2000, 664 s. , ISBN 80-7169-681-1
- 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.
- GRAGRUBER, P. , CACEK, J. *Sportovní geny: antropometrie a fyziologie sportů, sport a rasa, doping*, Brno: Computer Press, 2008, 480 s. , 1 vyd. , ISBN 978-80-251-1873-3
- 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
- HAVLÍČKOVÁ, L. et al. *Fyziologie tělesné zátěže II.: Speciální část – 1. díl*, Praha: Karolinum, 1993, ISBN 80-7066-815-6
- CHOUTKA, M. , DOVALIL, J. *Sportovní trénink*, Praha: Olympia, 1991, 333 s. , 2. vyd. ISBN 80-7033-099-6



- JANDA, V. *Funkční svalový test.* , Praha: Grada, 1996, 328s, 1. vyd, ISBN 80-7169-208-5
- KORBELÁŘ, P. *Analýza současného stavu skialpinismu v České republice*, Praha, 2003, Diplomová práce na UK FTVS
- KUHN, K. , NUSSER, S. , PLATEN, P. , VAFA, R. *Vytrvalostní trénink*, přeložil Vobr, R. , České Budějovice: Kopp, 2005, ISBN 80-7232-252-4
- MATOUŠOVÁ, L. *Sledování dynamiky srdeční frekvence v Aerobic dynamik kickboxu a Aero-kickboxingu*, Praha, 2007, Diplomová práce na UK FTVS
- MOUREK, J. *Fyziologie: Učebnice pro studenty zdravotnických oborů*, Praha: Grada, 2005, 204 s. 1. vyd. , ISBN 80-247-1190-7
- PEŠLOVÁ, M. *Kinetika krevního laktátu a krevní glukózy při různých zátěžových testech*, Praha 1995, Diplomová práce na UK FTVS
- PFITZINGER, P. , FREEDSON, P. The reliability of lactate measurements during exercise., *International journal of sports Medicine*, March 1998, vol. 19, no. 3, s. 345- 357.
- PLACHETA, Z. et al. *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*, Praha: Grada, 1999, 286 s. ,1. vyd. , ISBN 80-7169-271-9
- RIETGEROVÁ, J. , PŘIDALOVÁ, M. , ULBRICHOVÁ, M. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*, Olomouc: Hanex, 2006, 262 s. , 3. vyd. , ISBN 80-85783-52-5
- SEMIGINOVSKÝ, B. , VRANOVÁ, J. *Základy fyziologické chemie*, Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1988
- ŠPAČEK, M. *Energetická náročnost sportovního lezení na vybraných lezeckých cestách*, Praha, 2004, Diplomová práce na UK FTVS
- TREFNÝ, Z. , TREFNÝ, M. *Fyziologie člověka II*, Praha: Karolinum, 1993, 412 s. , 1. vyd. ISBN 80-7066-725-7
- VOLKEN, M. , SCHELL, S. , WHEELER, M. *Backcounty skiing: Skills for Ski Touring and Ski Mountaineering*, Seatle: The mountaineers books, 2007, 339 s. , 1 vyd. ISBN 978-1-59485-038-7
- WILMORE, H. , J. , COSTILL, L. , D. *Training for sport and activity: The Physiological Basic of the Conditioning Progres*, USA: Versa press, 1993, 407 s. , 3. vyd. , ISBN O-87322-557-0
- WINTER, S. *Skialpinismus* , přeložila Dvořáková, V. , České Budějovice: Kopp, 2002, ISBN 80-7232-187-0
- <http://www.ski-mountaineering.cz> [cit 2009-03-15]

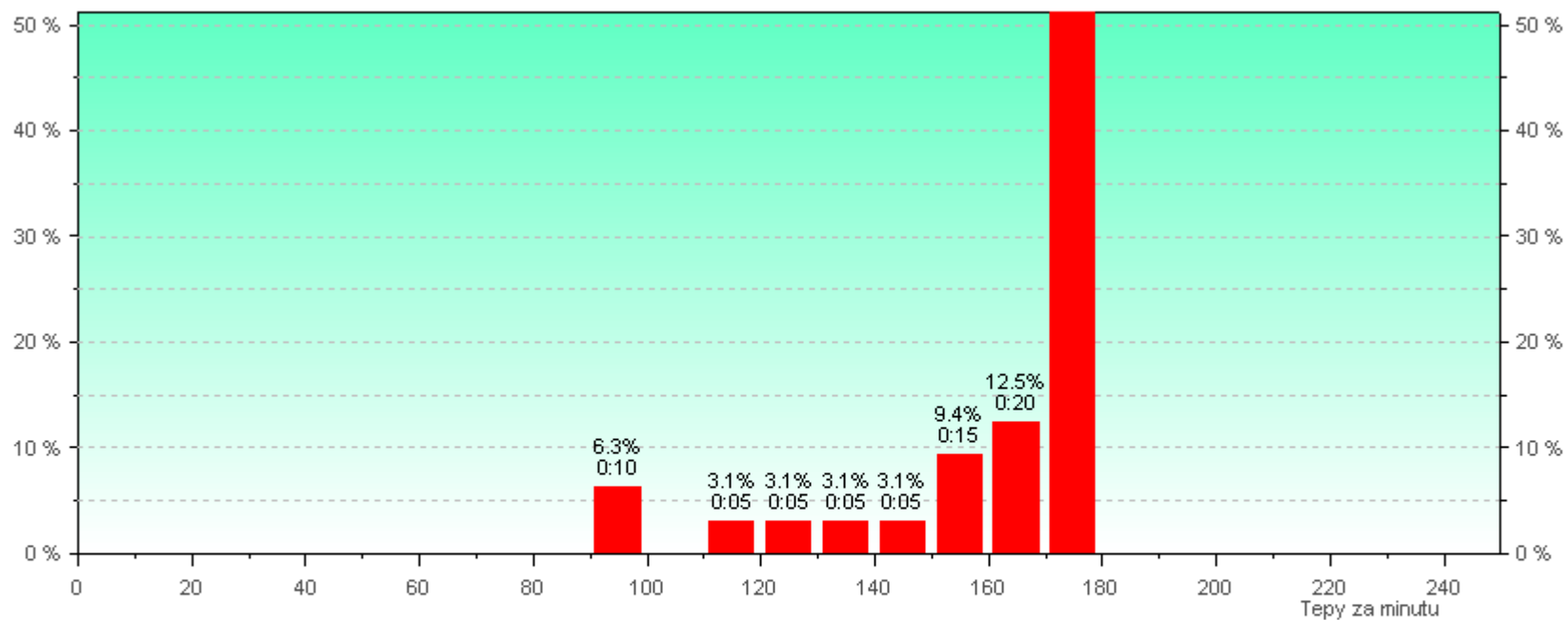
## **14. Přílohy**

### 14.1. Graf 2 Ukázka záznamu průběhu SF při sklonu svahu 15°



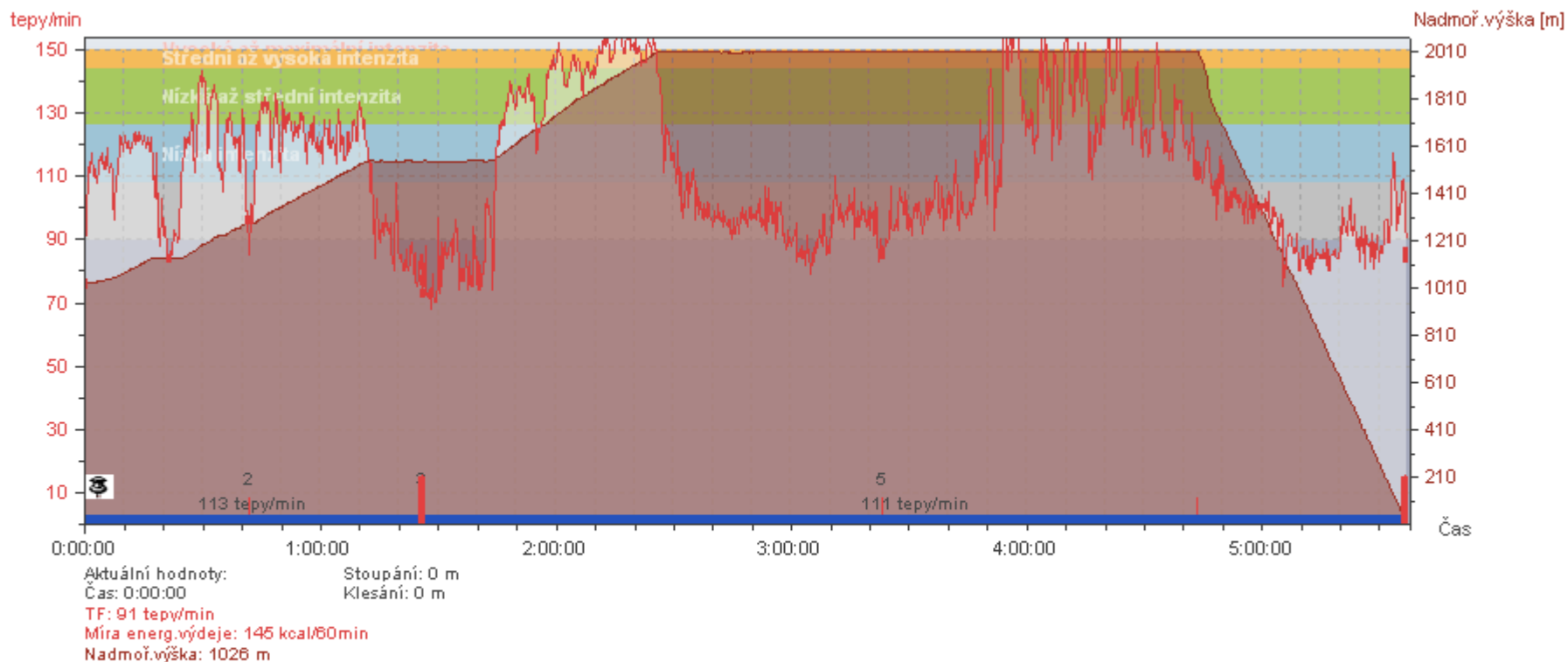
Osoba	Dita Formánková	Datum	28.2.2009	TF průměr	160 tepy/min		
Záznam	Free	Čas	12:36:34	TF max	175 tepy/min		
Druh aktivity	Běh	Trvání	0:02:34.9				
Poznámka				Výběr	0:00:00 - 0:02:35 (0:02:35.0)		

### 14.2. Graf 3 Rozložení SF v % při sklonu svahu 15°



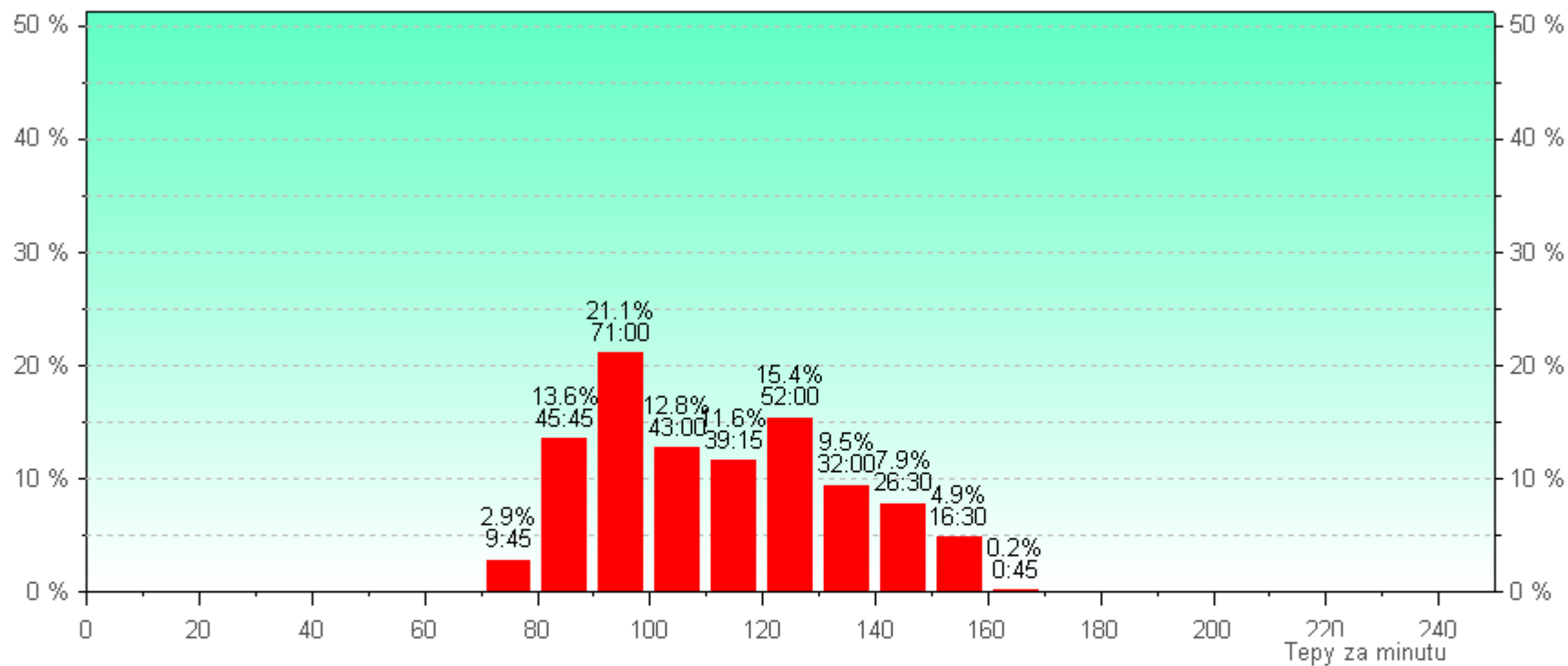
Osoba	Dita Formánková	Datum	28.2.2009	TF průměr	160 tepy/min		
Záznam	Free	Čas	12:36:34	TF max	175 tepy/min		
Druh aktivity	Běh	Trvání	0:02:34.9				
Poznámka				Výběr	0:00:00 - 0:02:35 (0:02:35.0)		

### 14.3. Graf 4 Záznam SF a nadmořské výšky při túře na skialpinistických lyžích



Osoba	Matouš Jindra	Datum	3.3.2008	TF průměr	113 tepy/min	Zóna 1	120 - 180
Záznam		Čas	8:36:28	TF max	180 tepy/min		
Druh aktivity	Běh	Trvání	5:37:00.0	Vzestup			
Poznámka				Výběr	(5:36:45.0)		

14.4. Graf 5 Rozložení SF v % v průběhu skialpinistické túry



Osoba	Matouš Jindra	Datum	3.3.2008	TF průměr	113 tepy/min	Zóna 1	120 - 180
Záznam		Čas	8:36:28	TF max	180 tepy/min		
Druh aktivity	Běh	Trvání	5:37:00.0	Vzestup			
Poznámka				Výběr	(5:36:45.0)		

### 14.5. Tabulka 13 Část protokolu z laboratorního vyšetření

jméno	příjmení	dat. nar	vek	m/ž	hmotnost	výška	sport	tvář	podbradek	hrudník1	paže	záda	břicho	hrudník2
Lukáš		30.5.1985	23,7	muz	80,1	180,9	skialpin	4	5	2	7	12	11	5
Ondřej		4.8.1986	22,6	muz	76,3	186,4	skialpin	3	2,5	1,5	5	9	12	3
Martin	I	31.1.1986	23,1	muz	77,5	183,7	skialpin	2	3	1	7	9	10	3
Matouš		31.10.1985	23,3	muz	78,8	182	skialpin	2	2	1,5	5	11	11	4
Adam		3.8.1988	20,6	muz	62,4	177	skialpin	4	2	1,5	5	8	10	3
Lenka		23.5.1988	20,8	zena	66,8	172,7	skialpin	4	5	2	8	10	17	7
Ivo		4.1.1987	22,1	muz	74,1	171,8	skialpin	4	3	2	7	9	12	6
Slávek		22.2.1972	37,0	muz	75,6	181	skialpin	4	6	2	7	12	16	5
Jan		4.9.1986	22,5	muz	89	191,3	skialpin	2	4	2	8	13	12	4
Dita		31.7.1985	23,6	zena	54,5	159,3	skialpin	3	5	2	7	9	14	3,5
bok	stehno	lýtko	%tuku	ATH	datum vyšetř	čas vyšetř	teplota vzd	tlak vzd	STPD	BTPS	poč.sub.	trv.sub.	trv.max	maxcelk
2	7	5	10,2	71,9	24.2.2009	10:14:30	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
1,5	5	6	7,4	70,7	24.2.2009	10:33:41	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
2	4	4	6,6	72,4	24.2.2009	10:52:07	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
1	5	4	6,9	73,4	24.2.2009	11:11:18	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
1,5	4	5	6,6	58,3	24.2.2009	11:29:26	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
2	8	5	11,0	59,5	24.2.2009	11:47:49	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
2	5	5	9,1	67,4	24.2.2009	12:09:22	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
2,5	5	5	11,0	67,3	24.2.2009	12:27:32	25	1030	0,903	1,073	2	1	60	780
1,5	5	4	9,1	80,9	10.3.2009	9:33:11	25	1023	0,896	1,073	2	1	60	780
1,5	8	7	9,1	49,5	10.3.2009	9:53:35	25	1023	0,896	1,073	2	1	60	780